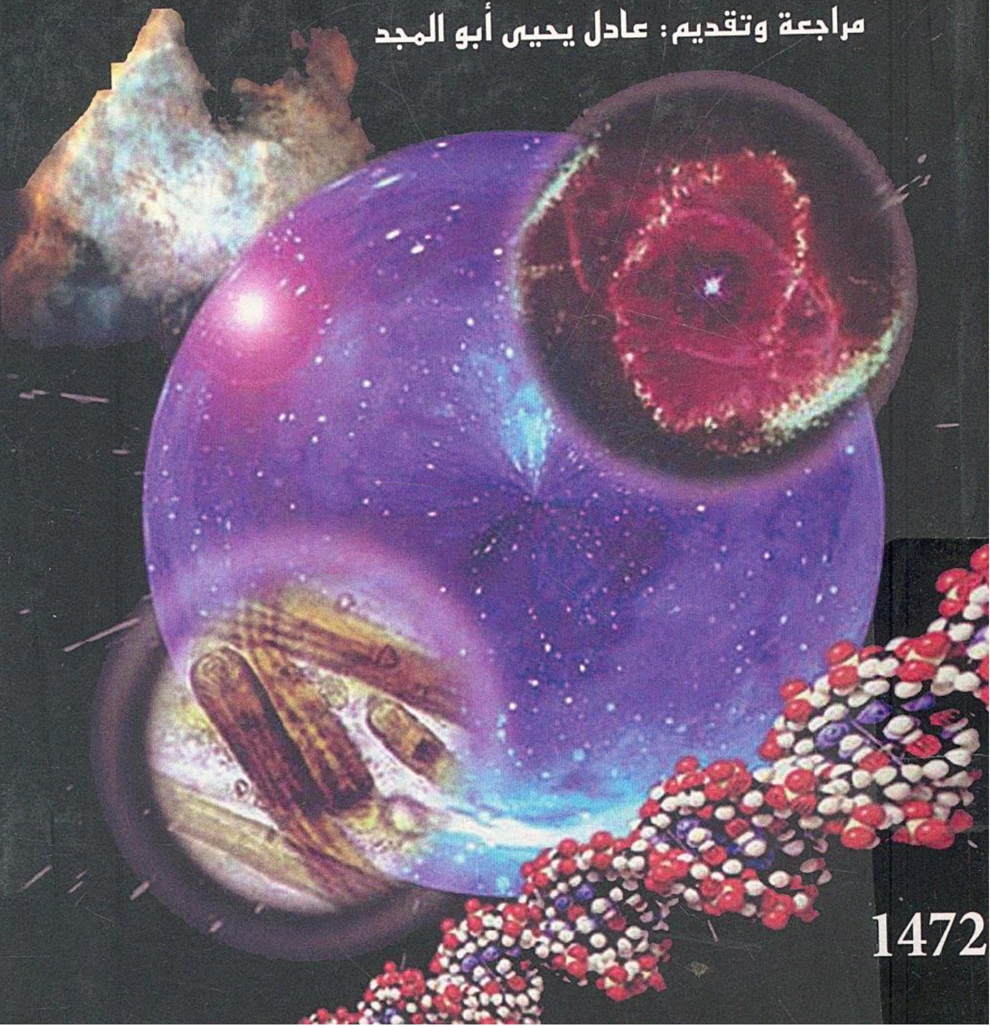
المركز القومى للترجمة

أصل الحياة

تأليـف: بول ديڤيز
ترجمـة: منير شريف
مراجعة وتقديم: عادل يحيى أبو المجد



1472

أصـــل الحيـــاة

المركز القومى للترجمة
إشراف: جابر عصفور

- العدد: 1472
- أصل الحياة
- بول ديفــيز
- منير شريف
- عادل يحيى أبو المجد
- الطبعة الأولى 2010

هذه ترجمة كتاب :
The Fifth Miracle
By: Paul Davies
Copyright © 1999 by Orion Productions
All Rights Reserved

حقوق الترجمة والنشر بالعربية محفوظة للمركز القومى للترجمة
شارع الجبلاية بالأوبرا - الجزيرة - القاهرة ت: ٢٧٣٥٤٥٢٤ - ٢٧٣٥٤٥٢٦ - فاكس : ٢٧٣٥٤٥٥٤
EL- Gabalaya st., Opera House, El Gezira, Cairo
e.mail:egyptcouncil@yahoo.com **Tel.:** 2735424 – 2735426 **Fax:** 27354554

أصـــل الحيــاة

تـــأليــف: بـــول ديفـــيز
ترجـــمة: منيـــر شريـــف
مراجعة وتقديم: عادل يحيى أبو المجد

2010

بطاقة الفهرسة
إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية
إدارة الشئون الفنية

ديڤـيز، بول
أصل الحياة / تأليف : بول ديڤـيز، ترجمة: منير شـريف، مراجعة وتقديم: عادل يحيى أبو المجد ؛
ط ١ - القاهرة : المركز القومى للترجمة ، ٢٠١٠
٥٦٤ ص، ٢٤ سم
١- أصل الحياة
٢ - النشوء والارتقاء
(أ) شريف، منير (مُترجم)
(ب) أبو المجد، عادل يحيى (مراجع ومقدم)
(ج) العنوان ٥٧٦,٨٣

رقم الإيداع : ١٣٧٩٦ / ٢٠٠٩
الترقيم الدولى : I.S.B.N - 978 - 977 - 479 - 458 - 7
طبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

تهدف إصدارات المركز القومى للترجمة إلى تقديم الاتجاهات والمذاهب الفكرية المختلفة للقارئ العربى وتعريفه بها، والأفكار التى تتضمنها هى اجتهادات أصحابها فى ثقافاتهم ولا تعبر بالضرورة عن رأى المركز.

المحتويات

مقدمة المراجع 11
تصدير المترجم 13
مقدمة المؤلف 17
الفصل الأول: معنى الحياة 39
- الأصل الغامض للحياة 42
- ما الحياة؟ 48
- قوة الحياة، وملاحظات غير قابلة للتصديق 54
- قصة الجزىء القديم (الأول) 59
- الميكروبات والبحث عن جنة عدن **Eden** 63

الفصل الثانى: عكس اتجاه المد 71
- مبدأ الفساد أو التفسخ 72
- من أين تجىء المعرفة البيولوچية؟ 80
- الفجـوة الأنتروبية: الجـاذبية كمنبع رئيسى للنظام... 86

الفصل الثالث: الخروج من الوحل 99
- شجرة الحياة 101
- الميادين الثلاثة للحياة 101
- أقدم أحفورة صخرية 112
- تلقائية أو عفوية التكاثر 116
- إعادة إنشاء «الشوربة» البدائية أو الأصلية 122
- المصادفة وأصل الحياة 133

الفصل الرابع: الرسالة التى تبعث بها الآلة 141
- ضاعف ثم ضاعف 144
- صنع الحياة 149
- الشفرة الوراثية (الجينية) 155
- تلقّى الرسالة 162
- شفرة داخل الشفرة 165

الفصل الخامس: متناقضة البيضة والفرخة........................ 179
● الـــرنا **RNA** فى البداية........................ 180
● الـــرنا **RNA** فى النهاية........................ 190
● التنظيم الذاتى: شىء من لا شىء........................ 197
الفصل السادس: الترابط الكونى........................ 201
● الغبار النجمى فى عينيك........................ 209
● الكيمياء الكونية........................ 212
● التكوّن أو النشوء عبر الفضاء........................ 215
● تأثير الصدمات........................ 220
● تأثير «سيزيف» **Sisyphus**........................ 221
الفصل السابع: الحشرات العظمى........................ 225
● البعض يفضلونها ساخنة........................ 239
● الحياة تحت العالم المرئى........................ 242
● الصعود من «هاديس» **"Hades"**........................ 248
● دعهم يأكلون «الصخور»........................ 256
● ويبقى التاريخ........................ 263
الفصل الثامن: المريخ: هـــل يـــصطبغ باللـــون الأحمر ويموت؟..... 275
● مكان سيئ لقضاء إجازة........................ 277
● الفيضان........................ 282
● أثر الدفيئه المريخية........................ 288
● هل كانت ثمة حياة على المريخ؟........................ 292
● هل لا تزال هناك حياة على المريخ؟........................ 296
● الأحجار النيزكية القادمة من المريخ........................ 300
● دلالات لوجود حياة؟........................ 304
● الطاعون القاتل القادم من الكوكب الأحمر........................ 314
الفصل التاسع: «بانسبيرميا» "Panspermia" (البذور فى كل مكان).. 321
● البقاء حيًا فى الفضاء........................ 329
● هل جاءت الحياة للأرض عبر الأحجار النيزكية؟.......... 333

- هل أتت الحياة الأرضية من المريخ؟........................ 336
- هل تذهب الحياة الأرضية إلى المريخ؟..................... 348

الفصل العاشر: الكون المتعاطف بيولوجيًا أو (إحيائيا)................... 363

- هل سبق أن بدأت الحياة؟.................................. 366
- هل زودتنا قوانين الطبيعة بأسباب الحياة؟................. 369
- هل هـــى "الدارونية" **"Darwinism"** دائمًا وعلى طول الخط؟... 378
- سلم الارتقاء.. 386
- هل العقل محتوم بالقضاء والقدر؟........................ 395

فى ذكرى «كيث رونكوم»

"Keith Runcom"

مقدمة المراجع

مؤلف هذا الكتاب – بول ديفيز – من كبار علماء الفيزيـاء النظريـة ولـه مئات الأبحاث فى هذا المجال، كما أنه ألَّف عشرات الكتـب التـى يبسط فيهـا النظريات الفيزيائية والفلكية، وترجم بعضها إلى العربية، لكنه فـى هـذا الكتـاب اختار موضوعًا بعيدًا عن تخصصه – وهو أصل الحياة – هذا وإن دخلت الفيزياء النظرية بعضًا من شعابه. وقد درس المؤلف عديدًا من المراجع والأبحـاث عـن مختلف أشكال الحياة على سطح الأرض، وفى أعماق محيطاتها وتلك التى ربمـا أتت مع النيازك من الفضاء الخارجى، محاولاً الإجابة عن الأسئلة، التـى طالمـا شغلت اهتمام العلماء والفلاسفة وغيرهم من قادة الفكر ورجال الدين عن كيفية نشأة الحياة والصور التى سرت بها.

ويبيِّن المؤلف فى هذا الكتاب أن نظرية النـشوء والارتقـاء قـد تطـورت بدورها بدءًا من التفكير الساذج بأن أشكال الحياة نشأت عشوائيًا وتطـورت مـن أشكال أقل تكيّفًا مع البيئة إلى أشكال أكثر تكيفًا إلى التفكيـر الأكثـر اتفاقًـا مـع الرياضيات الحديثة، وهو التطور نحو المزيد من التعقيد – وأن هذا الاتجـاه فـى التطور ليس بالاتجاه الوحيد، فهناك أمثلة عديدة تتنافى مع ذلـك الاتجـاه – كمـا استعرض المؤلف المناقشات حول ما إذا كانت الحياة نشأت خارج الأرض، وربما خارج النظام الشمسى كله، وهل نحن وحدنا فى الكون أو أنه توجد حيوات أخـرى ربما أكثر تقدمًا منا؟

وترجم هذا الكتاب – منير شريف – الذى حصل (من بين درجـات علميـة أخرى مساوية) على ليسانس فى الفلسفة، وترجم العديد من الكتب عن أصل الكون وفيزيائه – بعضها للمؤلف الحالى – لكنه جديد أيضًا على البحث فى أصل الحياة،

مما جعله يبذل مجهودًا مضاعفًا عند ترجمة هذا الكتاب، وذلك بالبحث فى أمهات الكتب عن بيولوچيا الحياة وكيميائها. فأضاف تذييلات كثيرة زادت الكتاب وضوحًا.

وإننى أرى أن عدم تخصص المؤلف والمترجم – والمراجع أيضًا – فى العلوم البيولوچية، جعل الكتاب الذى بين يدى القارئ أكثر بساطة وإمتاعًا، خاصة بالنسبة لغير المتخصصين الذين يريدون التعرف على أحدث النظريات فى هذا المجال المهم والجديد.

د. عادل أبو المجد

أستاذ الفيزياء – جامعة سيناء

يناير ٢٠٠٩

تصدير المترجم

سؤال قديم ومتجدد شغل بال الإنسان منذ بدء الخليقة ومنذ هبّ واقفًا على قدميه «من أين جاء؟ وبالتالى كيف سارت به الحياة على هذا الكوكب؟» وتنوعت الإجابات ما بين البسيطة والعميقة من آراء دينية وفلسفية وعلمية وعبر سائر الحضارات: مصر القديمة والصين وبابل وآشور واليونان وغيرها، كما حفلت علوم الكلام الإسلامية بمباحث عدة فى هذا الخصوص، كما حثّنا القرآن العظيم على «النظر»، «كيف بدأ الخلق؟» ليزداد إدراكنا بعظمة الله سبحانه وتعالى وأن «ليس كمثله شىء». ولست هنا فى مجال بحث كيف توقف «النظر» فى الشرق ونما بخطى حثيثة متسارعة فى الغرب إلى أن وصل إلى ذراه الحالية والتى مكّنته من الهيمنة على العالم بأسره على نحو أو آخر.

ولست أيضًا فى مجال تمحيص القول بأن ثمة ميدانين، أحدهما يختص بالعقيدة، والآخر يقتصر على العلم وينفصلان عن بعضهما البعض تمامًا فلا يحدّ أيهما الآخر بأى حد إنْ سلبًا أو إيجابًا (وهو رأى شائع لدى جمهرة غير قليلة من العلماء الموثوق بهم) أو الرأى المعاكس الذى يرى أنهما متصلان، يكمل كل منهما الآخر، حتى إن عددًا غير قليل من الثيولوچيين يستخرجون ما ينم عن «العلم» بمعناه الحديث والمعاصر من بين ثنايا آيات القرآن، إنْ بحق أو عن طريق لىّ المعانى ودلالة الكلمات، وهو ما يشيع على نحو باطنى غامض لدى أكثر المتدينين وبين جمهرة المشايعين لأى دين آخر سماوى أو غير سماوى... ليس هذا إذن موضوعنا الحالى إنما فقط أشير إلى مقولة رددها يومًا واحدٌ من بين القمم فى العلم والذى جابت شهرته الآفاق ألا وهو «أينشتاين» إذ ذكر ما معناه: أن الدين من دون علم سيكون مُعَوّقًا وأن العلم من دون دين سيكون فاقدًا للمعنى.

ولكى أمهد لهذا الكتاب أقول إن العلم فى مسيرته، والتى بلغت أقصى سرعاتها منذ مشارف النصف الثانى من القرن العشرين حتى إنه يقال إن ما حصلته البشرية من علم فى النصف الأخير من القرن الماضى وحتى الآن يبلغ أضعاف ما حصلته على مدى عمرها كله. كما صاحب هذا التقدم تقدم آخر، دعّم الأول ودفع بسرعته وهو الذى جرى فى ما نعرفه من وسائل العلم وأجهزة القياس. وكان على السطح من مجالات البحث: «أصل الكون» (وقد تناوله المؤلف ذاته فى كتاب له، قمت بترجمته من قبل بعنوان عربى: «الاقتراب من الله» منذ سنوات قليلة ولكنه مازال قيد النشر) ثم «أصل الحياة» الذى هو موضوع الكتاب الحالى، ولن أملّ القول بأنه مهما بدا مستغربًا لدى القارئ المصرى/ العربى من تناول هذه الموضوعات من خلال العلم على مدى السنوات، بما فيها من إنفاق أموال طائلة وساعات بغير حصر ينفقها العلماء فى جهد جهيد، بينما ثمة إجابة تنام فى حضن التفسير السهل لمقولات الدين، والتى يستريح إليها أغلب الناس فى بلادنا ألا وهى: أن الله سبحانه قد خلق الكون والناس على ما هما عليه، وفى ذلك الكفاية، فلماذا هذا الجهد فى أمر لا ينفع؟!! وأعنى بذلك المبدأ الفلسفى «السبب الكافى».

أقول مهما بدا ذلك غريبًا فلن أملّ القول بشأن أمرين: فمن ناحية أن الله يأمرنا بالبحث فى أصل الخلق: ﴿قُلْ سِيرُوا فِي الْأَرْضِ فَانظُرُوا كَيْفَ بَدَأَ الْخَلْقَ ثُمَّ اللَّهُ يُنشِئُ النَّشْأَةَ الْآخِرَةَ إِنَّ اللَّهَ عَلَى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ﴾ **الآية «٢٠» «سورة العنكبوت»**، وغيرها من الآيات التى تدور حول نفس المعنى، وعلى الناحية الأخرى فإنك بنظرة متأملة قليلاً حولك ستجد أن أغلب التقنيات – العديدة والتى يصعب حصرها – التى تنعم بها البشرية قاطبة، قد تولدت من رحم هذا «الأصل» كونًا كان أو بشرًا. وإذا حاولت أن أعدد، ليس كل وإنما بعض، أهم هذه التقنيات فستضيق عنها صفحات هذه المقدمة، ولكن أكتفى بذكر أحدثها وأقصد به «الخلايا الجذعية» وكيف فتحت الباب واسعًا أمام العلماء للتوصل إلى الحد من أمراض ظلت لسنوات، بل قل قرونًا طويلة، مستعصية على العلاج.

ماذا إذن عن صاحب الكتاب وموضوعه؟ هو عالم بريطاني جهبذ في الفيزياء، أنجز درجته العلمية (دكتوراه الفلسفة في الفيزياء) وحاز على شهرة عالمية عبر ما تقلده من مناصب أكاديمية في الجامعات الكبرى وأكثر من ٤٠٠ ورقة بحثية منشورة في المجلات العلمية المُحكّمة، وأكثر من ٢٥ كتابًا في العلوم (تُرجمت لأكثر من عشرين لغة، من بينها العربية - ثلاثة كتب فقط في حدود علمي)، هذا فضلاً عن تقلده عدة جوائز علمية مهمة وظهوره المدوّي في مؤتمرات علمية وبرامج تليفزيونية، بعضها أعده بنفسه وحظى بقبول جماهيري عريض. وفي عام ١٩٩٠ هاجر من بريطانيا إلى أستراليا، مركزًا جهده في علوم «الكونيات» وحيث يشغل حاليًا مستشارًا علميًا للمعهد الأسترالي لـ: البيوفلك: وهو فرع مستحدث في العلوم يعنى بالحياة في الفضاء الخارجي، وكان آخر كتبه بعنوان «كيف تبني آلة زمن» (قمت بترجمته أيضًا، وقيد النشر) وثمة استعراض عاجل لسيرته الذاتية بتفصيل معقول بذيل الكتاب.

آلى المؤلف على نفسه - والذي يمثل أيضًا جزءًا من شهرته العلمية - أن ينزع في كثير من كتبه بل أغلبها إلى تبسيط العلوم والحرص على نقل أعقد ما فيها إلى أسلوب يسهل فهمه للقارئ العام، بحيث تنمو معرفته عن الكون حوله، ومن ثم يُستكمل إدراكه للعلاقة بينه وبين هذا الكون - ويتجسد ذلك كله في هذا الكتاب الذي صال وجال فيه في موضوع «أصل الحياة» وكيف تم تناوله شرقًا وغربًا وشمالاً وجنوبًا سواء دينيًا أو علميًا، وبموضوعية وحيدة بالغتين، وانتهاءً إلى ما تم الكشف عنه مؤخرًا من كائنات ميكروسكوبية تعيش وتزدهر وتتوالد في ظروف لم تكن تخطر على البال من قبل كدرجات حرارة تبلغ ١٨٠ درجة عند فوهات براكين أعماق المحيطات أو في درجات برودة قصوى أسفل جلاميد الثلج في قارة أنتاركتيكا بالقطب الجنوبي المتجمد من الكرة الأرضية، أو أقرانها ممن يتغذى على القار وحده أو الأسمنت أو الكبريت وهلم جرا، مما استدعى السؤال مجددًا من أين بدأت المسألة وكيف وهل ثمة حياة ذكية في أكوان أخرى باعتبار أن

كوكب الأرض هو واحد من الكواكب المحدودة فى النظام الشمسى الذى هو واحد من بلايين عدة من الأنظمة الشمسية فى مجرتنا وحدها (درب التبانة أو ما يسمى أحيانًا: الطريق اللبنى)، والتى هى بدورها واحدة من بلايين المجرات التى يزخر بها الكون؟ ولعل القارئ المتابع يدرك أن وكالة «ناسا» الشهيرة تقوم حاليًّا بإجراء بعض الاستقصاءات العملية لهذا الشأن بواسطة العربات الروبوتية التى تبتعثها إلى كوكب المريخ والتى تقوم باستكشاف أعماق سطح «المريخ»، ثم تحلله وتبعث بالنتائج والصور إلى الأرض. ثم لعلى أشير أيضًا إلى ما يقوم به حاليًّا معهد **CERN** بسويسرا من إعادة إلمجازيه للظروف التى تم فيها «الانفجار الكبير» لمحاولة تفسير كيف تشكّلَ الكونُ ومن أين جاءت المادة التى تملأه. وإلى آخره. «هل لى هنا أن أستشهد مرة أخرى بمقولة معروفة لأينشتاين: أريد أن أرى الطريقة التى صنع الله بها الكون».

وأختتم بحمد الله والثناء عليه أن مكننى من نقل هذه المعرفة وهذا النوع من التفكير للقارئ العربى – وهو وحده ولى التوفيق.

المترجم: منير شريف

نهايات صيف ٢٠٠٧

مقدمة المؤلف

ثمة واقعة محورية فى تاريخ العلم، برزت مع نــشر الأطروحــة المبهــرة لتشارلز دارون **Charles Darwin** تحت عنوان: «أصل الأنواع» "**On the Origin of Species**"(١). فى العام ١٨٥٩. أعطى هذا العمل اقتناعًا لدينا عن كيف بــرزت الميكروبات عبر التدفق الهائل للزمن على هذا النحو المتنوع الــذى نــراه علــى الأرض في يومنا هذا. إلا أن دارون أغفل الإشارة إلى: كيف بــدأت الحيــاة فــى المقام الأول. «المرء أيضًا له أن يتأمل ويفكر حول أصل المادة» هكذا علق هــو. اليوم فإن الفيزيائيين قدموا على نحو ما شرحًا أو تفسيرًا لأصل المادة، ولكن أصل الحياة(٢) بقى واحدًا من التحديات الكبرى للعلم. وقد ألمح مــرة فرانــسيس كريــك **Francis Crick** المكتشف المشارك لبناء الــ **DNA** إلى: «يبدو أنها تكــاد تكــون معجزة، لوفرة المشارطات التى من الممكن أن تجعل الحياة مستمرة فى السريان».

فى داخل «قشرة جوز»، تلك هى المشكلة. كيف لخليط من الــذرات غيــر ذات أهداف والعمياء، أن تحتشد أو تجمع ذواتها فى شكل تعقيد من شأنه أن يوقــع الروع فى النفس حتى فى أبسط تشكل كالميكروب مثلاً؟ هل هــى مجــرد حادثــة حدثت مرة واحدة فى الكون كنتيجة لتركيب كيميائى غريب؟ أو أن قوانين الطبيعة كانت متعاطفة بيولوجيًا، بحيث إن الحياة سوف تظهر فى أى موقع من الكون يبرز فيه كوكب شبيه بكوكب الأرض؟

التصديق بأن الحياة محفورة أو متجذرة فى قوانين الطبيعة، يحمل صدى من العصر الدينى البعيد، عن كون مُصَمَّم بحيث تسكنه الكائنات الحية. وعديــد مــن العلماء لا يعطون بالاً لمثل هذه الأفكار ويصرون على أن بدء الحياة كان مجــرد واقعة صدفوية كيماوية غير استثنائية، وتخص الأرض وحدها، وأن ظهور نتائجها

فى هذا التعقيد العضوى، ومن بينها الكائنات الواعية يشبه مصادفة بحتة ناتجة عن جزىء هائل فى عملية «يا نصيب». ويصر آخرون من ناحية أخرى، على أنه لا شىء يميز الأرض وحدها وإن الحياة منتج ثانوى لا يمكن تجنبه من عمل الفيزياء والكيمياء. وليس هناك أحسن من يتصدر وجهة النظر هـذه، سـوى البيولـوچى كريستيان دى دوف **Christian de Duve** والذى يعتقد أنه «أمر كونى» عليـه أن يظهر جليًا عندما تسمح له الظروف أو المشارطات بذلك[٣]. ولو أن رأيه ذاك كان صحيحًا فإن الكون وكأنه يدخل فى مباراة مع الحياة.

وثمة كثير على المحك فى هذا الجدل أو التحدى لأنه يتعلق بموقع الإنسانية من الكون، وهل نحن وحدنا فيه أو لسنا كذلك؟ وفى أى شىء نتناسب مع الطريقـة العظمى للأشياء؟ ولو أن الحياة قد ظهرت هكذا «جاهزة» فإن هناك فرصة جيـدة لأن نصنعها بمجهود قليل فى المعامل. وستكون لها أيضًا تطبيقات تقنيـة، وثمـة كثير من الكيمابيولوجيين يعملون الآن على ذلك. والصور الجديـدة مـن الحيـاة ستكون بمثابة ثورة فى مجال الهندسة البيولوچية، والبيولوچيا الجزيئية، ويمكنهـا أيضًا «أرضنة» كواكب أخرى، أى جعلها أكثر شبهًا بالأرض، وربما تصبح فـى آخر الأمر صالحة لسكنى الإنسان. هذا وإنشاء الحياة داخل «أنبوبة تجارب» سوف يذهب بعيدًا لتعرية الغطاء عن السر فى كيف بدأت الحياة بشكل طبيعى.

وتشكل دراسة أصل الحياة وتوزيعها عبر الكون جـزءًا مـن الموضـوع المعروف بـ «البيولوچيا الفلكية» "**astrobiology**"، والعلماء – وعلى نحو متزايـد – يسرى بينهم التمييز بأن قصة الحياة ليست فقط فى حدود الأرض، وإنمـا تمتـد إلى ما بين الكواكب وحتى الفضاء بين النجوم. والبحث الجاد المرهق لهذا الفـرع من العلوم يتركز فى التعرف على نشوء كوكب آخر، تكون الحياة قد بـدأت فيـه بشكل مستقل. وثمة موافقة عامة ترشح كوكب المريخ كى يمثل هذا الأمل، ولو أنه عبر نظامنا الشمسى فإن الكوكب «أوروبا» "**Europa**"، وهو أحد أقمار المشترى، يُعدّ بدوره مُنافسًا مُرشحًا إلى جوار المريخ. إلا أن المريخ هو الذى يحظى حاليًـا

بالتركيز عليه، وإليه توجه مهمات الفضاء الحالية أو الجارى التخطيط لها. على الرغم من أنه اليوم ليس إلا صحراء متجمدة، لكنه كان فى الماضى دافئًا ورطبًا، وليس بعيد الشبه عن الأرض. ومنذ أربعة بلايين من السنين مضت، ربما كان المريخ أكثر تناسبًا لسكنى الحياة أكثر من كوكبنا الحالى.

وليس واضحًا بصورة قاطعة أن الحياة الأرضية قد بدأت فعلاً فوق الأرض. ففى بواكير تسعينيات القرن الماضى اقترحت أنا، وبشكل مستقل جاى ميلوش **Jey Melosh** من جامعة أريزونا، أن الميكروبات الحية ربما جاءت إلينا عبر الصخور التى وصلتنا والتى نتجت عن انفجارات الكواكب وبتأثير الكويكبات (أشباه النجوم) والمذنبات. وبعض هذه الصخور قد تجد طريقها إلى الكواكب المجاورة وتزرع الحياة فيها. وبصفة خاصة، فإن الصخور التى قذف بها المريخ ربما أتت لنا بميكروبات مريخية إلى الأرض، مخصبة لها بأول أشكال الحياة. وإذا كان الأمر كذلك، فإننا نكون جميعًا لسنا إلا أخلاف لسكان المريخ. والعكس أيضًا صحيح، أى قد تكون الصخور التى قذفت بها الأرض قد وجدت طريقها للمريخ، واستعمرته من خلال الباكتيريا الأرضية. وفى أى الاتجاهين فإنه يبدو أن الأرض والمريخ ليسا منفصلين بيولوچيًا. وسواء كان أى من الطريقين، ومهما كان الأمر مدهشًا للغاية، فإنه يثير تعقيدات لأى محاولات تأسيس نشوء ثان للحياة فوق المريخ، إذ يبدو أن أحد الكوكبين قد لوث الآخر.

ومنذ طرحنا – ميلوش وأنا – هذه الفكرة فى البدء فقد لاقت قبولاً متزايدًا. هذا وقد تدعم السيناريو الرئيسى من خلال دراسة مفهومة أجراها كيرت ميلوكوسكى[٤] **Curt Meleikowsky** ونشرتها مجلة إيكاروس **Icarus**[*]. وقد أخذ زملاؤه المشاركون فى الدراسة فى اعتبارهم كل المخاطرات التى واجهت الميكروبات القادمة من المريخ إلى الأرض أو العكس، مع تركيز خاص على

(*) والكلمة إيكاروس تشير فى الميثولوچيا اليونانية إلى اسم لابن ديدالوس، والذى فرّ من السجن، محلقًا بجناحين شمعيين إلى حتى اقترابه من الشمس، حيث ذاب الجناحان وسقط هو فى البحر (المترجم).

الآثار التدميرية، التي يتسبب فيها النشاط الإشعاعى. وانتهوا إلى أن «سواء إن وجدت الميكروبات على المريخ مثلاً أو أنها موجودة الآن، فإن طريقًا لها إلى الأرض ليس مجرد إمكانية ولكنه احتمال كبير، انتقالها من الأرض إلى المريخ أيضًا ممكن ولكن بدرجة أقل».

واقعة جاءت بفكرة ترحال الميكروبات بين الكواكب وجعلتها بارزة على سطح هذا المجال، تتلخص فى التصريح غير العادى الذى أدلى به الرئيس الأمريكى بيل كلينتون **Bill Clinton** فى أغسطس ١٩٩٦ من أن وكالة ناسا **NASA** قد اكتشفت دليلاً على وجود الحياة على المريخ. والاكتشاف كان عبارة عن العثور على حجر نيزكى فى قارة إنتاركتيكا **Antarctica**[*] عام ١٩٨٤، والذى عرف فيما بعد أن مصدره هو المريخ. وللتأريخ فإن ثمة أكثر من عشرين عنصرًا قد تم العثور عليها قدمت من المريخ تحت تأثير كونى على النجم الأحمر ودفعها من هناك إلينا. ولكن الحجر محل اهتمامنا هنا هو فى حجم ثمرة بطاطس كبيرة، حافلة بملامح رفيعة من الباكتيريا المتحجرة. هل يمكن أن تكون بقايا لميكروبات مريخية؟

أثير الجدل طويلاً لعدة سنوات دون نتيجة واضحة. فالذين قللوا من شأن هذه البقايا قالوا بأنها فقاعات فى الصخرة من التكوينات المعدنية غير الضارة. والدليل الدافع جاء من أصل بيوجينى جاء بدوره من حبيبات مغناطيسية داخل بعض هذه التكوينات. والحبيبات تلك لها تشكّل نقى من الباكتيريا الأرضية التى تستخدم المغنطيسية فى تحليقها أو تنقلها[٥].

وبالرغم من أن دارون رفض أن ينقاد أو يقيد نفسه بمسألة ميكانيزم أصل الحياة، فقد أوضح فى خطاب لأحد أصدقائه[٦] أن بركة صغيرة دافئة فى مكان ما على السطح القديم للأرض، ربما احتضنت خليطًا كيميائيًا. وبعدئذ بتأثير طاقة

(*) قارة غير مأهولة تقع فى القطب الجنوبى (المترجم).

ضوء الشمس تشكلت منه جزئيات أكثر تعقيدًا إلاّ أن التخمير بطريقة ما أثمر الحياة أو كان بمثابة «حضّانة» لها. وفى النهاية تحولت فكرة داروين هذه إلى النظرية المعروفة جيدًا المسماة «نظرية الشوربة البدائية».

وفى السنوات الأخيرة ظهرت معوقات جدية لوجهة النظر التقليدية فى هذه النظرية. فنحن نعلم الآن أنه أثناء أول ٧٠٠ مليون سنة من تاريخ الأرض تساقطت عليها، وبشكل قاسٍ، نيازك هائلة ومذنبات. وأكبرها ربما تسبب فى عقم أو جدب سطح كوكب الأرض بأن أحاط الكوكب برمّته بغمامة من بخار الصخور المتوهجة. والبركة الصغيرة الدافئة، أو حتى البحر، لم يكن ليشكل أيهما موقعًا واعدًا للحياة وسط الاضطراب الكونى آنذاك. ولكن الآن ظهرت خيوط جديدة من الأدلة. فقد بدأ العلماء خلال التسعينيات فى اكتشاف الكثير والكثير من الميكروبات التى يمكنها العيش فى ظل ظروف غاية فى التطرف، وهى جميعًا أصبحت تسمى الأوفيليات القصوى **extremophiles**(*). ومن أشهرها تلك المحبة للحرارة الشديدة والمسماة الأوفيليات فائقة الهيام بالنشاط الحرارى **hyperthermophiles**(١). وأكثر هذه شهرة تلك التى تنمو فى الماء المغلى المتدفق من فتحات البراكين على أرضية المحيطات والتى تزيد درجة الحرارة فى بعضها على نقطة الغليان العادية للماء. ومشروعات الحفر المتعددة على الأرض تحت سطح البحر، بدورها تكشف أن الجزء القابل للسكنى فى الأرض يمتد لعمق عدة كيلومترات فى القشرة الساخنة للأرض. ويبدو أن الصخور تحت أقدامنا حافلة بالحياة الميكروبية.

هذا المجال الموجود تحت سطح الأرض يفتح الباب لإمكانية جديدة للحياة الباكرة. باعتبار أن ما تحت الأرض فى هذا العمق، والذى يمثّل ملاذاً لمحبى الحرارة العضويين، سيكون بمثابة حماية لهم من القذف الكونى أو التراشق الكونى. وربما تكون التشكلات الأولى للحياة الأرضية قد عاشت فى ذلك العمق

(*) أقرب شرح لكلمة أوفيلو والتى تعنى باليونانية "حب" هو أن هذه الميكروبات من محبات الحرارة أو النشاط الحرارى الأقصى (المترجم).

المتقد من قشرة الأرض، ثم هاجرت بعد ذلك للسطوح الباردة فقط عندما تحسنت الظروف. وهذه النظرية يدعمها الدليل الجينى القائل بأن أقدم وأعمق فروع شجرة الحياة تشغله تلك الأوفيليات المُغْرمة بالنشاط الحرارى الفائق **hyperthermophiles**. ومثل هذه الميكروبات لم تزل حية فى أحفورياتها، ولم تزل متمسكة بأسلوب حياتها القديم بعد بلايين السنين التى مرت عليها.

هذه الاكتشافات نقلت البحث عن الحياة القديمة فوق المريخ أو القمر «أوروبا» بأمل ولو ضعيفًا للعثور على شيء حي فوقهما أو على أحدهما. هذا وقائمة المعلومات الواردة من مجسات أو مسابر الفضاء تظهر أن ثمة ماءً وافرًا فوق المريخ محبوسًا فى التربة التى تشكل الجلاميد، وربما بعيدًا تحت السطح، فإن الحرارة الداخلية للكوكب قد تذيب هذه الجلاميد لتشكل جوًا يحتضن الأوفيليات العضوية القصوى **extremophile** المشابهة للتى تشكلت تحت سطح الأرض.

ولأنه كوكب صغير فقد كان المريخ أسرع فى برودته عن الأرض. وعليه فإن المنطقة المناسبة لمُحبَّات الحرارة الباكرات هذه، والتى احتمت من التراشق الكونى ستكون أعمق بالنسبة للمريخ، داعمين فكرة أن الحياة ربما ازدهرت على المريخ قبل ظهورها على الأرض بمئات بلايين السنين، وأنها ربما انتقلت إلى الأرض داخل المقذوفات الصخرية.

وامتدادًا للنظر فى هذا الحقل فلقد شهدت السنوات الأخيرة اكتشاف حوالى مائة كوكب فيما وراء نظامنا الشمسى، وهذا يمثل مشهدًا ضاغطًا نحو العثور على الحياة فوق أيها. وهذه الكواكب فيما وراء النظام الشمسى قد تم سبرها على نحو غير مباشر عبر الذبذبات أو الترنحات التى تنشئها فى آبائها النجوم. وهذه التقنيات كانت لصالح سبر الكواكب الضخمة التى تدور فى مدارات صغيرة، وبالتالى لن تكشف عن وجود كواكب شبيهة بالأرض. إلا أن الخطط الطموح تسير على خطى قاعدة فضائية منظارية تهدف لما يعرف بـ «الكوكب الأرضى» "**Terrestrial Planet**" وبالعثور على مثل ذلك لن يتيح فقط الكشف عن كوكب صخرى صغير،

ولكن سيتيح أيضًا سبر التوقيع المفتاح للحياة، مثل طبقة الأوزون الموجود حاليًّا فى الجو الأرضى.

والحديث عن الحياة فوق كواكب أخرى يفتح الطريق لمشهد آخر عن الكائنات الذكية ووجود حضارات أخرى فى الفضاء المترامى، وداخل نظامنا الشمسى، فإن هدف العثور على أى نوع من الحياة أكثر تعقيدًا من الباكتيريا البسيطة هو غرض ناء وشديد البعد إلى أقصى حد. ولكن لو ثمة كرات أرضية أخرى بعيدًا فى المجرة، فربما أن الحياة برزت هناك لتشكل نباتًا، وحيوانات أو حتى كائنات ذكية. ونحن ببساطة لا نعرف، ولكن من المعقول أن نلقى نظرة على الأمر. منذ أكثر من أربعين سنة قامت مجموعة صغيرة من الفلكيين بمسح السماوات عبر تليسكوبات راديوية، بأمل أن يتوصلوا أو يعثروا على إشارة ما أو رسالة قادمة من حضارة فضائية، وحتى الآن لم ينجحوا فى ذلك، إذ ربما أنه لا توجد مثل هذه الحضارة، أو لو أنها موجودة فلم تبعث بأى رسالة فى اتجاهنا.

ولكن شيئًا واحدًا هو الواضح، لو أن الكون متعاطف بيولوجيًا لدرجة أنه يمكن للحياة أن تنشأ بشكل جاهز بمجرد توافر شروطها، ومن ثم فإنه يوجد كثير من الوقت الذى مر لإحداث تطوير لإنتاج الذكاء فى عوالم أخرى. حيث إن الشمس والكواكب قد تشكلت منذ أكثر قليلاً من ٤,٥ بليون سنة مضت، بينما الكون عمره يصل إلى ١٣ بليون سنة. ويصبح مفهومًا أن الذكاء انبثق فى مكان ما فى المجرة قبل وجود الأرض ذاتها.

وأصل الكون وتطوره ككل من العوامل المهمة فى قصة الحياة. والدليل الفلكى يكشف أن الكون قد ولد من انفجار كبير "big bang" مصحوبًا بهَبَّة من الحرارة الشديدة. ومنذ الثانية الأولى لهذا الانفجار ظهرت القوى الأساسية والعناصر التأسيسية للمادة. وبنهاية تلك الثانية كانت المواد الضرورية للكون قد تشكلت بالفعل. وكان الفضاء فى كل مكان مملوءًا بـ «شوربة» تختلط فيها عناصر تحت ذرية كالبروتونات والنيترونات والإليكترونات تحيط بها إشعاعات فى درجة حرارة تبلغ حوالى عشرة بلايين درجة.

وبالمستويات الحالية فإن الكون فى تلك الفترة كان من دون ملامح على نحو مدهش، والمواد الكونية كانت مبعثرة فى الفضاء تقريبًا من دون هيئة أو شكل معين. والحرارة فى كل مكان هى نفسها تقريبًا. والمادة مكشوفة أو عارية عن شكلها إلى حتى شكل مكوناتها الأساسية فى ظل تلك الحرارة المرعبة. أى أنها كانت فى حالة بساطة أنيقة. وأى ملاحظ نفترضه آنذاك، لن تكون لديه معرفة ولو طفيفة بأن هذه الحالة غير واحده تنبئ بأن الكون يحمل فى طياته تلك الطموحات غير العادية. وليس ثمة تفسير سوف لا يتفق مع هذا، منذ عدة بليونات من السنين، فإن تريليونات من النجوم المستعرة لا بد أنها نظمت نفسها إلى البلايين من المجرات ذات الحركة المغزلية، ولدرجة أن النباتات وبللورات الكريستال والسحب والمحيطات وأنهار الجليد قد ظهرت جميعها. وأن الأشجار والأفيال والأسماك سوف تقطن واحدًا من تلك الكواكب، وأن هذا العالم سوف ينذر بوجود «ضحكة» إنسانية. ولا شىء من كل هذا كان يمكن التكهن به.

وبما أن الكون يتمدد من حالته المبدئية، فهو إذن يبرد، ومع انخفاض الحرارة تأتى إمكانيات أكثر، فالمادة كانت قابلة للتجمع بشكل كلى أو إجمالى فى بناء لا شكل له، والتى شكلت بذورًا للمجرات الحالية. وبدأت الذرات فى التشكل، ممهدة الطريق للكيمياء كى تشكل الأشياء الفيزيائية الصلبة.

وعديد من الظواهر العظيمة انبعثت فى الكون منذ ذلك الوقت: ثقوب سوداء هائلة تزن ما مقداره يكافئ وزن بليون شمس، تلتهم النجوم، بينما تنفث دفئًا من القوى الغازية، ونجوم نيترونية تدور حول نفسها ألف مرة فى الثانية، وموادها تنسحق إلى بليون طن فى السنتيمتر المكعب، والعناصر تحت الذرية تراوغ لدرجة اختراقها سنوات ضوئية فى ممر متماسك وموجات الجاذبية «الشبحية» التى لا تترك ممراتها أى أثر أو طبعة على الإطلاق قابلة لأن تُدرك أو تُرى. ومع ذلك، ولو أنه يثير الدهشة، فإن ظاهرة الحياة ملحوظة بما يعدل كل تلك الظواهر مجتمعة. فإنها لم تأتِ بأى تغيّر مفاجئ أو دراماتيكى فى مشهد الكون، باعتباره متناغمًا

ومتضامًا ومتكاملاً. ومهما كان أمر الحياة، فإن التغيّرات التى وقعت ومهما كانت على نحو خام أو مصنوع، فقد كانت تدريجية. أما – بصرف النظر عن كل شئ – بمجرد بزوغ الحياة فإن الكون لم يعد كما كان قبلها. وببطء ولكن تأكيدًا فقد انتقلت الحياة إلى كوكب الأرض. وبتقديمها طريقًا للوعى، والذكاء، والتقنية، فقد أصبحت طامحة وواعدة بتغيير الكون.

وهذا الكتاب يسلط الضوء على أصل الحياة. ومشكلة نشوء الحياة (من حياة سابقة) تتقسم إلى مشكلات «أين؟» و«متى؟» و«كيف؟». وسوف نرى أن العلماء لديهم فكرة كافية عن متى أسست الحياة نفسها لأول مرة على الأرض. وبالنسبة لأين؟ وعلى أى جزء من الأرض كان ذلك، فإن الدليل يشير على نحو متزايد إلى موقع حار تحت السطح، ربما قريب من فتحة أو منفذ بركان فى المحيط أو فى عمق الصخور تحت البحر. ولكن مادامت الحياة إنتقلت من اللا حياة على الأرض أو على المريخ أو عليهما معًا، فإن السؤال يبقى مفتوحًا.

هذا والجزء فى المتاهة الخاص بـ «كيف» هو أصعب الأسئلة الثلاثة فى مجال حله، وبشكل جوهرى هو الأكثر إغراءً وإدهاشًا. وعندما قدم داروين المشهد المتعلق بالبحيرة الصغيرة الدافئة، كان معتقدًا أو مفترضًا بأن الحياة هى نوع من «المادة السحرية» أو شكل خاص، بل غامض من عنصر عضوى. ويبدو من الطبيعى التفكير فى وجود وصفة كيماوية تنبعث منها الحياة، عندما يتم اتباعها فى المعمل. أشبه بعملية إنضاج «كعكة» فإن السؤال سيكون منحصرًا فى كيفية خلط العناصر المكونة لها بالطريقة الصحيحة حتى تثمرها حيّة أمامنا – واليوم تبدو هذه الوجهة من النظر بشأن الحياة خالية من الرشد. لأن تطور الجزيئات العضوية كشف عن أن آلية الحياة معقدة بشكل مذهل. إنها ليست مجرد المواد التى صُنعت منها الحياة، هى العنصر الفعال فى الأمر. وإنما التعقيد الذى يصعب حلّه والتخصص العضوى المعقد للجزيئات الحية. والدرس المركزى المستفاد من الجزيئات العضوية هو أن الحياة تقوم بسحرها من خلال إجراءات إعادة نسخ

المعلومات. وأنها تقوم بذلك من خلال توظيفها لسوفت وير رقمى يستعمل الأرقام ٣، ٤، و٢٠، وكتأثير نَجَمَ عن ذلك فإن الخلية الحية ليست مادة سحرية كشأن الكمبيوتر الفائق القدرة **Super computer**.

والطبيعة المعلوماتية للحياة تفيد التعقيد فى مشكلة نشوء الحياة. والعبء يتحصل فى شرح، ليس كيف تجمعت المواد المناسبة مع بعضها (الهاردوير)، وإنما كيف بزغت المنظومة المعلوماتية (التحكم فى السوفت وير). وبينما ليس مشكوكًا فى صحة أن الكيمياء سوف تستمر فى مدّ مشكلة نشوء الحياة بالمعلومات عبر طرق مهمة، فأنا أعتقد أن تقدمًا حاسمًا فى مجال فك سر الحياة، سوف يأتينا من دراسة نظرية المعلوماتية والتعقيد. مثل هذه الموضوعات لم تزل بعد فى مرحلة طفولتها، ولكن من الواضح فعليًّا أن ثمة مبادئ كونية موجودة ظاهريًا بالفعل، والتى تنطبق على تعقيد حالة المادة الحية والمادة غير الحية.

وشعورى الشخصى أن فهمًا كاملاً لطبيعة وسر الحياة سوف يتطلب أيضًا أن نأخذ فى حسباننا قوانين فيزياء الكم. هذا وقواعد «اللعبة» الكمية تبدو لنا كما لو كانت قدرًا عاثرًا، فعلى سبيل المثال فإن النظم الكمية تقوم على المبدأ المنسوب لهايزنبرج والخاص بـ «اللا يقين» والذى يورثنا الحيرة والارتباك. واللا حتمية فى الطبيعة، لدرجة أنه من غير الممكن التنبؤ بما سيفعله نظام كمى بين لحظة واللحظة التالية. كما أن ثمة ملمحًا غريبًا آخر، يتمثل فى أن عنصرًا مثل الإليكترون يمكنه أن يتواجد فى أكثر من حالة فى نفس الوقت، على سبيل المثال، فإنه ربما يتواجد فى مكانين أو أكثر فى المرة الواحدة، أو أن حركته المغزلية سوف تتجه إلى أعلى وإلى أسفل معًا فى آن واحد. ومن الناحية التقنية يسمى هذا أو يعرف بالـ: **superposition**. والأكثر من ذلك فإن اثنين، أو أكثر من العناصر الكمية يمكن أن تظل مرتبطة حتى لو كانت متباعدة عن بعضها بتأثير ما سماه أينشتاين «التفاعل الشبحى عبر المسافات».

تغيّر هذه الملامح الشاذة والغريبة من طبيعة التوظيف المعلوماتى على المستوى الذرى بشكل جوهرى، هو الحقيقة التى انجذب لها الكثير من انتباه الفيزيائيين والمهندسين مؤخرًا. وإذا كان ممكنًا إعداد أو تجهيز تأثيرات كمية بشكل كاف، فإن العناصر الذرية وتحت الذريه يمكن استخدامها لتسريع أى عملية حوسبة كمبيوترية بأكثر من أى ما يمكن أن يفعله كمبيوتر فائق موجود. والجنس البشرى يقترب للغاية من بناء كمبيوتر كمى وظيفى، سوف تكون له قوة خاطفة للأنفاس[٧]. فعلى سبيل المثال يستطيع كمبيوتر كمى تام مصنوع من عشرات قليلة من الذرات أن يجسّد الكون على نحو أفضل كثيرًا مما يستطيعه أحسن كمبيوتر معاصر. وليس نوعًا من المبالغة القول بأنه إذا تم بناء كمبيوتر كمى فسوف يعنى هذا تقدمًا تقنيًا بحجم اكتشاف أصل الكمبيوتر الإليكترونى الموجود حاليًا.

وهل تكون الطبيعة قد استغلت بالفعل قدرة ميكانيكا الكم لتحليل المعلومات؟ أم أنها المرة الأولى فى التاريخ (مع إمكانية استثناء «العجلة») التى طورت فيها البشرية تقنية غير معروفة فى أى مكان آخر فى العالم الطبيعى؟ وإذا كانت إجراءات المعلوماتية الكمية حادثة فى الطبيعة، فأى مكان سيكون أفضل لها من الخلية الحية التى تمثل الكمبيوتر الفائق للطبيعة؟

وبالطبع، وعند مستوى معين فلا بد أن تلعب ميكانيكا الكم دورًا فى الحياة، ولو فقط بإمدادنا بالروابط الكيميائية الجزيئية الضرورية لوظائف الحياة. ولكن يمكن لهذا الدور أن يكون أكثر أهمية من ذلك؟ هل تذهب آلية الجزيئات الحية إلى ما وراء المبدأ البسيط المسمى مبدأ الليجو **Legoprincipal** «بأشكاله المتعددة، مرتبطة ببعضها فى قضيب واحد، وتقوم فعلاً بتجهيز القدر العاثر الكمى الذى أشرت إليه قبلاً باختصار، وأن هذا القَدَر العاثر سوف يمكّن «كمبيوتر» كميًا من تجسيد هذا العمل البطولى المدهش الخاص بالمعلوماتية.

أنا من أول الموافقين على أن تلك فكرة مشهدية هائلة. وتدل الحسابات البسيطة على أن التأثيرات الرقيقة أو الضعيفه للكم التى كتبت عنها هى رقيقة

بدرجة لا تكاد تصدق، وأنها يمكن أن تتدمر بسرعة فـــي «مستـــشفى مجاذيـــب» الجزيئات في الخلية. ولكن ربما توجد طرق تسمح للجزيئات العضوية المحتـــشدة بأن تحمى نفسها من هذا التحلل أو التفسخ بتلك الصورة العنيفة. بالتأكيـــد نحتـــاج لمزيد من البحوث لأجل الحصول على إجابة. وفى هذا الحين فثمة دليـــل ظرفـــي على أن الخلية قد تأخذ هيئة كمبيوتر كمى. وهذا الدليل أتـــى بـــه أبورفـــا باتـــل **Apoorva Patel** بالمعهد الهندى للعلوم فى بنجالور **Bangalor**[٨]. أشار باتل إلـــى أن الأرقام ٣، ٤، ٢٠ التى تميز الشفرة الجينية، تظهر بـــشكل أوتومـــاتيكى فـــى مشكلة معروفة جيدًا فى مجال الحوسبة الكمبيوترية الكمية، وهى عنـــد اســـتهداف البحث عن قاعدة معلومات لأشياء لا مصدر لها. وهذه مجرد واحدة ولو صـــغيرة نوعًا، تعنى أن الـــ **DNA** ربما يستخدم المواقع الفائقة الكمية لكى يقـــوّى كفاءتـــه الوظيفية.

من الناحية الوظيفية فأنا فيزيائى نظرى، والقارئ قد يعجب لماذا أكتب فـــى مجال البيولوجيا الفلكية. لقد كنت دومًا مغرمًا بمـــشكلة أصـــل الحيـــاة، والـــسؤال المتصل بها عما إذا كنا وَحْدَنا فى الكون أو أننا لسنا وحدنا. ويمكننى تعقـــب هـــذا الإغواء أو التعلق بالموضوع منذ أن كنت طالبًا يدرس الفيزيـــاء بإحـــدى كليـــات جامعة لندن فى ستينيات القرن الماضى. ومثل كثير من أصدقائى قـــرأت روايـــة خيال علمى رائعة لـــ «فريد هُويل» **Fred Hoyle** بعنـــوان «الـــسحابة الـــسوداء» **"The Black Cloud"** عن وصول سحابة ضخمة من الغازات إلى فـــضاء النظـــام الشمسى[٩]. ومثل هذه السحب معروف جيدًا للفلكيين لكن فكـــرة هُويـــل الجاذبـــة للاهتمام هى افتراضه بأن هذه السحابة قد تكون حيّة. الآن هذا قد يكـــون مجـــرد أحجية. كيف تكون سحابة ضمن الأحياء؟ ولقد تحيرت فى نشأتها طويلاً. وبالتأكيد سحب الغاز لا بد لها أن تطيع قوانين الفيزياء؟ كيف يتسنى لها أن تنجـــز ســـلوكًا استقلاليًا أو بشكل منفرد بعيدًا عن نفوذ تلك القوانين؟ هل تمتلك أفكارًا؟ هل لـــديها اختيارات؟ ولكن حينئذ، وهذا حدث لى، كل الأعضاء الحية يفتـــرض خـــضوعها

لقوانين الفيزياء، ولكن عبقرية هويل كانت فى استخدامه نموذج السحابة ليبرز لنا هذا التناقض بطريقة تتسم بالقوة. بقيت مصدومًا وشبه مضطرب. وتعجبت متسائلاً: ما هى بالضبط الحياة؟ وكيف تسنى لها أن تبدأ؟ هل ثمة شىء مضحك يجرى داخل الأعضاء الحية؟ وعند هذا الوقت بالضبط أعطانى المشرف على رسالتى للدكتوراه (كتدريب عن تحور الضوء) بحثًا للفيزيائى المحترم إيچين ڤيجنر **Eugene Wigner**، وزبدة الكلام فى هذا البحث أنه يبرهن على أن نظامًا فيزيائيًا لا يمكنه أن يحقق الانتقال من اللا حياة إلى الحياة دون انتهاك للفيزياء الكمية(١٠). وهكذا فإن ڤيجنر اعتقد بأن ثمة شيئًا «مضحكًا» قد وقع عند بدء الحياة.

وبعد وقت قليل عقب ذلك دفع المشرف لى ببحث آخر يتصل بالبيولوچيا وهذه المرة كان صاحب البحث هو الفيزيائى البيولوچى براندون كارتر **Brandon Carter** والذى صور لى مشكلة مهمة ومثيرة بشأن الحياة، وهى التى تفادت الحاجة للقلق عن كيف بدأت بالفعل. طرح كارتر السؤال: ما الخواص التى حازها الكون الفيزيائى بحيث وجدت الحياة من أى نوع أولاً وأخيرًا؟ افترض أنك بطريقة سحرية استطعت أن تغيّر فى قوانين الطبيعة أو الشروط المبدئية للانفجار الكبير، فإلى أى مدى تستطيع أن تغيِّر القوانين الأساسية لبناء الكون بحيث تظل تسمح بالحياة؟ وإذا أخذنا مثالاً بسيطًا، فإن الحياة كما نعرف جميعًا تتطلب عناصر كيميائية معينة خاصة الكربون. ولكن ذرات قليلة من الكربون صُنعت فى الانفجار الكبير، فغالبيتها تم صنعها بداخل النجوم. وقد لاحظ فريد هويل بالفعل أن الإنتاج الناجح للكربون فى النجوم هو بالفعل عملية من قبيل إلمس وامض " **touch and go**". وأنها تعتمد على نحو رقيق على خواص قوى الذرات. وعامل غير بارع أو غير ماهر وفى ظل القوانين الأساسية لفيزياء الذرات، والكون، ربما سيحصل على قليل من الكربون أولا كربون بالمرة وربما لا حياة. وأفكار كارتر أصبحت معروفة «بالمبدأ الأنثروبولوچى» **"the anthropicprinciple"** وتقترح على نحو متهور وجزئى أن مسألة وجود الحياة هى مسألة يمكن قياسها كنتيجة لمصادفات سعيدة فى البناء الرياضى التحتى للكون.

ومع جرأة الفكرة المصرح بها فى بحث كارتر، فلقد ظل سر الحياة على حاله: غير مشروح أو مفسر، وبعد قليل من الوقت، توظفت أنا كباحث مشارك فى معهد الفلك النظرى بكامبريدج، والذى كان يديره فريد هويل والباحث المشارك براندون كارتر **Brandon Carter**، وهناك صادفت كتابًا صغيرًا لخص المشكلة لدى، إذ يحمل عنوانًا: ماهى الحياة؟ **What is life?** من وضع الفيزيائى إيروين شرودنجر **Erwin Schrodinger**، ويشرح لماذا يبدو النظام العضوى غامضًا من وجهة نظر الفيزياء[١١]. وبعدها اكتشفت أن هذا الكتاب كان صاحب تأثير هائل أو مكثف منذ عشرين عامًا فى الأيام الباكرة لموضوع البيولوچيا الجزيئية.

وللأسف فقد أثار كتاب شرودنجر لدىّ المزيد من الأسئلة عوضًا عن إجابات قد أعثر عليها، وسلمت بأن مسألة التوالد البيولوچى فى تفكيرى تمثل هدفًا صعبًا للغاية. ومع ذلك فقد أعطانى كارتر نسخة منقحة من بحثه عن المبدأ الأنثروبولوچى (والذى لم ينشرها أبدًا)[١٢]، ومع زميل باحث بالمعهد نفسه يدعى بل ساسلو **Bill Saslaw**، أصبحنا كمن يخوض فى الماء دون طائل مع أفكار كارتر. حتى إننا حاولنا الالتقاء مع فرانسيس كريك **Francis Crick**، الذى كان يعمل وقتئذ فى معمل المجمع الطبى بكامبريدج. ووجدنا أن كريك كان مشغولاً، وبدوره بدا كارتر وأن كل ما يعنيه هو الحصول على مؤيدين بدرجة جيدة لمبدأه الأنثروبولوچى، حتى إن انشغالى أو اهتمامى بالمسألة البيولوچية بدأ فى الخفوت.

ومرت عدة سنوات بعدها حتى بواكير الثمانينيات، حيث أقام مارتن ريس **Martin Rees** (الذى حاز بعد ذلك لقب «سير» **Sir** وأصبح الفلكى «الملكى") مؤتمرًا عامًا تحت عنوان: «من المادة إلى الحياة" **From Matter to Life**». استطاع ريس مع زميل له فلكى يدعى برنارد كار **Bernard Carr** أن يعيدا الحياة لموضوع المبدأ الأنثروبولوچى فى بحث[١٣] شهير لهما، نشرته مجلة «الطبيعة» **Nature** عام ١٩٧٩. وقد تسنى لمؤتمر أُقيم فى ذلك الوقت أن يحضره فيزيائيون وفلكيون من أمثال براندون كارتر وفريمان دايسون **Freeman Dyson**

وتومى جولد **Tommy Gold**، وبيولوچيون مثل لويس ولبرت **Lewis Wolpert** وسيدنى برينر **Sidney Brenner**، ورياضيون كجون كونواى **John Conway** وخبراء ف المسألة الجينيّة مثل مانفرد إيجن **Manfred Eigen** وجراهام كارينز سميث **Graham Cairns-Smith**. وكانت قائمة موضوعات المؤتمر، وكأنها تسلط الضوء، مركزًا على «سر الحياة». وعبر العقد التالى تقريبًا، وجدت نفسى تحت سيطرة أفكار هويل مرة أخرى وأيضًا دايسون وجولد، وبمعونة شاندرا ويكراما سينغى **Shandra Wickrama singhe**، بشأن الفكرة الجسورة بأن الحياة ربما لا أصل لها على الأرض إطلاقًا، وإنما جاءت إليها من خلال المذنبات. ومن ناحيته راح دايسون يتأمل فى أصل الحياة، مطلقًا عنان خياله للبحث فى مستقبل والقدر المطلق الذى ينتظر الحضارة التقنية. أما جولد فقد كانت لديه نظرية تقول بأن كميات كبيرة من الهيدروكربون **hydro-carbon** (مركب عضوى لا يحتوى إلا على الهيدروجين والكربون فقط مثل البنزين والأسيتيلين: المترجم) تبقى محصورة تحت الأرض، وعندما تُجرى بحثًا لاختبار ما جاء به من حدوس، فثمة أشكال أخرى للحياة يجرى اكتشافها. وكل هذه التطويرات أطّرت تفكيرى عن الموضوع.

وكذا فثمة أثر لشخص آخر له اهتمامات تشبه اهتماماتى بالفلك العضوى هو المرحوم كيث رنكورن **Keith Runcorn**، والذى سبق أن زاملنى بجامعة نيوكاسل فى تاين **Tyne**. والذى كان جيوفيزيائيًا امتدت اهتماماته وراء الأرض إلى النظام الشمسى. ومع أن الچيوفيزياء كانت بعيدة جدًا عن مجال خبرتى، فكثيرًا ما جلست فى محاضرات كيث ومؤتمراته. وفى الاجتماع الخمسين لجماعة «النيازك أو الشهب» الذى عقد بنيوكاسل ١٩٨٧ والذى لا يمكن - وبصفة خاصة - أن أنساه باعتبارها المرة الأولى التى أتعلم فيها شيئًا عن نيازك وشهب المريخ.

والقطعة الأخيرة من هذا «الزجزاج» أو الطريق المتعرج والمتشابك جاءت فى بواكير التسعينيات، عندما انتقلت إلى أستراليا للعمل لجامعة أديليد **Adelaide**، وهناك أصبحت مهتمًا بما يجريه دنكان ستيل **Duncan Steel**، الخبير فى

اصطدامات الكويكبات والمذنبات مع الكواكب. وكان له الفضل بتعريفى حقيقة أن المادة يمكن أن تُقذف من الكواكب من خلال الاصطدامات الكونية، وهى الفكرة التى قادت إلى نظريتى عن سفر العضويات الميكروسكوبية **Microorganism** من المريخ إلى الأرض أو العكس.

وعندما تهيأت لوضع هذا الكتاب كنت مقتنعًا بأن العلم أصبح قريبًا من كشف غموض «أصل الحياة». والدليل الدراماتيكى بأن الميكروبات تعيش هناك فى العمق تحت الأرض، والذى عرفته لأول مرة من جولد، هذا الدليل يَعِدُ بأن يكون وراء «الحلقة المفقودة» بين العالم قبل الحيوى الخاص بـ «الشوربة البيوكيميائية» وبين أول الخلايا البدائية. والحقيقة أن كثيرًا من العلماء فى هذا المجال يعتقدون بثقة أن المشاكل الكبرى الخاصة بالنشوء الإحيائى قد تم حلها بالفعل، وثمة بعض الكتب التى نقلت لنا مؤخرًا الرسالة الواثقة بأن أصل الحياة ليس بالفعل بهذه الدرجة من الغموض بعد كل شىء[١٤]. ومع ذلك أظن أنهم على خطأ. وبعد قضاء بعض السنوات باحثًا فى هذا المجال أصبحت مع الرأى القائل بأن ثمة خليجًا عميقًا فى بحر فهمنا. وللتأكيد، فإن لدينا فكرة جيدة عن «أين» و «متى» ولكننا لم نزل بعيدين جدًا عن «كيف» بدأت الحياة.

وهذا الخليج الذى أعنيه فى فهمنا لا يتعلق بالجهل بتفاصيل تقنية معينة، ولكنه يمثل ثغرة أو فجوة فى الفهم. ولست أقترح أن أصل الحياة عبارة عن واقعة طبيعية فائقة أو وراء الطبيعة، وإنما فقط أننا نفتقد شيئًا ما وأساسيًا جدًا فى الأمر كله. وإذا كان الأمر كما يعتقد كثير من الخبراء والمتحدثين عن الأمر بأن الحياة مجبرة على النشوء بمجرد توافر المشارطات الصحيحة، فلا بد إذن أن أمرًا مدهشًا يقع فى هذا الكون، شىء بارز وشديد الأهمية وله تشعبات وروافد فلسفية مهمة أيضًا. هذا وعقيدتى الشخصية عما يستحق هنا أن تكون هناك نظرية ترضينا جميعًا بصدد أصل الحياة والتى تحتاج أفكارًا جذرية جديدة، ربما نجدها فى منطقة نظرية التعقيد ونظرية المعلومات، وكما اقترحت فربما تمتد إلى عمليات المعلومات الكمية بطريقة ما.

كثير من الباحثين يجدون حرجًا فى الإقرار العلنى بأن أصل الحياة يظل سرًا، وحتى خلف الأبواب المُغلقة، حيث يتمتعون بالحرية يجدون أنفسهم فى حالة من الحيرة والارتباك إزاء اعترافهم بذلك. ويبدو أن هناك سببين لهذا الحرج وتلك الحيرة. أولهما أن ذلك يفتح الباب للأصوليين الدينيين للقول بأن الله هو الخالق، الأمر الذى يفتقر إلى الأدلة بالمعنى العلمى وباعتبار أن ذلك يغلق الفجوة فى الفهم التى أشرت إليها. والثانى هو أن اعترافهم الصريح بالجهل سوف يُقوِّض اعتمادات التمويل، خاصة بالنسبة لبحوث الحياة فى الفضاء. ويبدو أن الحكومات مستعدة للإنفاق على البحث عن وجود حياة خارج الأرض، إذا كان العلماء معتقدين بأنها بالفعل موجودة هناك.

فى رأيى أن هذا السلوك ليس صحيحًا أو أنه يخلو من الرشاد. على العلماء أن يمضوا فيما هم فيه من أبحاث دون إعطاء أهمية للمبالغة فى الدعاوى المتعلقة بمجرد أن هناك هزالاً فى الدعم العام. والأهم من ذلك أن الجهل يمدنا بدافع أفضل للتجربة أكثر مما يفعل التيقن من الأشياء. ومن المهم أن نسعى إلى وجود الحياة فى عوالم أخرى، ومحاولة توليفها أو اصطناعها فى المعامل، خاصة أننا لسنا متأكدين من كيف وُجدت. وإذا كنت مصحًا فى قولى، فإن هذا النشوء الإحيائى سوف يعطينا فكرة ولو ضئيلة عن أمر مدهش وهائل، لأن دراسة عوالم أخرى ربما تمكِّننا من الإمساك بالسر الملحوظ أثناء حدوثه. والعلماء مقتنعون بأن كواكب مثل زحل والزهرة وأقمار كل منهما تمثل معامل ضخمة للحالة قبل العضوية، حيث إن الخطوات التى أدت للحياة على الأرض قد تجمدت هناك مع الزمن، وكجزء يوازن بين مجال الكيمياء المعقدة من ناحية ومجال البيولوجيا من ناحية أخرى. وفى حالة المريخ فيبدو أكثر أن الخط بين اللا حياة والحياة قد تم عبوره، وأنه عند مرحلة ما فى الماضى ازدهرت الحياة فوق النجم الأحمر.

وحل لغز النشوء الإحيائى ليس مجرد مشكلة على قائمة ما يجب على العلماء عمله من مشروعات بحثية. ومثل أصل الكون وأصل الوعى، يقدمان لنا ما

هو أعمق لأنها اختبار لأساس وجهة نظرنا إزاء عالمنا. واكتشاف ما يعد بتغيير الأسس والمبادئ التى ينبنى عليها فهمنا للعالم الفيزيائى، تستحق أن نضعها بين الأولويات – فطالما حيّر سرُّ الحياة الفلاسفة والثيولوچيين والعلماء لأكثر من ٢٥٠٠ سنة، وفى العقد أو العقدين التاليين فلدينا فرصة ذهبية لأن نحقق تطورات كبرى فى هذا الميدان.

وبأخذ مِقْوَدى أو مفتاح العملية من فرانسيس كريك[١٥]. وإشاراته فيما يعنى أن النشوء الإحيائى «يكاد يكون معجزة» فقد أعطيت عنوانًا لهذا الكتاب عند نشره لأول مرة عام ١٩٩٨ «المعجزة الخامسة» "**The Fifth Miracle**"، أما الطبعة المنقحة التى بين أيديك، فقد أعطيتها عنوان: «أصل الحياة» لتعكس محتوى الكتاب على نحو واضح. ولقد بقى العمل من دون تغييرات حقيقية، ولو أننى بالطبع جعلته أكثر بصيرة بشكل ملحوظ. وكثير من الحدوس التى ناقشتها فى ذلك الوقت وبدت أنها تتصدر الساحة قد دعمتها بأدلة جديدة يزداد الاقتناع بأنها قابلة للتصديق ولو ظاهريًا. وبشكل خاص فيما يتعلق بحالة تدعو للحيرة والقلق عن وجود مجال إحيائى تحت السطح، إمكانية وجود حياة فى الماضى أو الحاضر فوق المريخ، ثم إنتقال النظام العضوى الحى بين الأرض والمريخ. لقد قمت بتحديث النص هنا وهناك، وأدخلت ملاحظات تدعم هذه التطويرات الجديدة.

وفى مرحلة الإعداد للكتاب ومراجعته فقد استفدت على نحو ملحوظ من المناقشات التفصيلية المطولة مع كثير من زملائى المميزين. بعضهم أشرت إليه بالفعل. وثمة شكر خاص لكل من: سوزان بارنز **Susan Barns** وروبرت حنا فورد **Robert Hanna ford** وجون باركيز **John Parkes** وستيفن روز **Steven Rose** ومايك رسل **Mike Russel** ودنكان ستيل **Duncan Steel** ومالكولكم والتر **Malcolm Walter**، الذين تفضلوا وقرأوا وعلقوا على مخطوطة الكتاب الأصلية.
وثمة آخرون قدموا لى يد المساعدة قبل وبعد الطبع الأول للكتاب وهم:

Emma Bakes, Diane Addie, Derek Abbott, Roger Buick, Julian Brown, Daivd Blair, George Coyne, Benton Clark, Julian Chela-Flores, Susan Davies, Robert Crotty, Helena Cronin, Thomas Gold, Everet Gibson, Reza Ghadiri, Gerry Joyce, Richard Hoover, Monica Grody, Bernd-Olaf Küppers, Stuart Kauffman, Jay Melosh, Chris Mckoy, Clifford Matthews, Pauline Newman, Stonley Miller, Curt Mileikowsky, Martin Rees, Martin Redfern,Stanley Miller, Mithael Paine, Lynn Rothschild, J. William Schopt, Robert Shapiro, Leslie Orgel, Everett Shock, J. William Schopf, Lynn Rothschild, Normansleep, Robert Shapiro, Jeoffrey Shallit, Roger Summons, Karl Stetter, Lee Smolin, Martin Vankranendonk, Ruediger Vaas, Philippa Uwins, Chandra Wickramsinghe, Frances Westall, David Zare, Kevin Zahnle, Ian Wrigh.

وفى النهاية أحب أن أوجه شكرى إلى معهد الأستروبيولوچى فـــى **NASA** ومديره باروخ بلومبرج **Baruch Blumberg** للتشجيع والدعم الذى قدمه لى، وكذا القائم على مركز أبحاث طيران الفضاء لكرم استضافته لى.

بول داقيز
المركز الأسترالى للفلك العضوى
جامعة ماكواير بسيدنى
سبتمبر ٢٠٠٢
http://aca.mq.edu.alpdavies.html

الهوامش

(١) حول أصل الأنواع 'On the Origin of Speices'

لـــ: تشارلز دارون "Charles Darwin" (John Murray, London 1859) ..

(٢) الحياة ذاتها: طبيعتها وأصلها 'Life Itself. Its Nautre and Origin'

لـــ: فرانسيس كريك "Francis Krick». (Simon & Schuster New York, 1981, p. 88).

(٣) الغبار الحيوى "Vital Dust"

لــــ: كريـــستيان دى دوف Christian de Duve'». (Basic Books, New York 1995).

(٤) الانتقال الطبيعى للميكروبـــات المتنقلـــة فـــى الفـــضاء Natural transfer of viable microbes in space لـــ: كيرت ميليكوسكى وآخـــر "Curt Mileikowsky et al». (Icarus 145, 391 (2000)).

(٥) الأحفورات الجاذبة من المريخ القديم: توقيع غير مصقول للطبيعة البيولوجيـــة فـــى الحجـــر النيزكى المريخى ALH 84001

"Magnetofassils from ancient Mars: a robust biosignature in The Maritian meteorite ALH84001

لـــ: كاثى ل. تومس –كيبترو وآخر. 'Kathie L. Thomas- Keptro et al.'

(Applied and Enviranmental Microbiology 68, 3663, (2002)).

(٦) اقتباس فى «إنشاء أو تكوّن الحياة» **The Creation of Life**

لـــ: أندروسكوت **"Andrew Scott". (Blockwell, Oxford 1986, p. 49).**

(٧) معالجة فاينمان: مقدمة للحوسبة الكمية لـــ: جيرارد ميلبـــورن **Gerard Milburn "The Feynman Processor: An Introduction to Quantum Camputotion" (Allen & Unwin, Sydney 1998).**

(٨) الفيزياء الرياضية والحياة **Mathematical physics and life**

لـــ: أبورفا باتيل **"Apoorva Patel"** فى علوم الحوسبة والمعلومات: توجهات حديثة.

"Computing and Information Science: Recent Trends». (ed J. C. Misra, Narosa Publishing House, New Delhi, 2002, p. 270).

(٩) السحابة السوداء **"The Black Cloud"**

لـــ: فريد هويل **«Fred Hoyle". (Penguin, Harmonds Worth 1960).**

(١٠) احتمالية الوجود لوحدة تعيد إنتاج ذاتها **"The probability of the Existence of a Self-reproducing unit"** لـــ: أيجين ويجنـــر **«Eugene Wigner»** فـــى منطـــق المعرفة الشخصية **"The Logic of Persanal Knowledge"** (نسخة من دون اســـم أو مجهلة) **(ed. Routledge & Kegan Paul London 1961, p. 231).**

(١١) ما هى الحياة **«What is Life ?»**

لـــ: إيروين شرودنجر **"Erwin Schrödirger" (Cambridge University Press, Cambridge 1944).**

(١٢) ومع ذلك فقد نوقش عمل كارتر **«Carter»** بشكل واسع فى مجال الأدب، انظـــر علـــى ســـبيل المثـــال: «مبـــدأ الأنطروبيـــا الكونيـــة **The Anthropic Cosmological Principle»** لـــ: جون بارو **"John Barrow"** وفرانك تبلـــر **"Frank Tipler" (Clarendon Press, Oxford 1986).**

(١٣) المبدأ الأنطروبى وبناء العالم الفيزيائى لـــ: ب. كار **B. Carr** وم. ج. ريس **M.J. Rees**

(Nature 278, 605 (1979).

(١٤) انظر على سبيل المثال: خطوات فى اتجاه الحياة **Steps Towards Life** لـــ: مانفريـــد إيجن **Manfred Eigen**

(Trans. P. Waolley, Oxford University Press, Oxford 1992). والغبـــار الحيوى لـــ: كريستيان دى دوف **Christian de Duve** **(Basic Books New York 1995)** مطابقًا للتعليق المتفائل الذى يقول به النشوء والذى يتحذر من الاقتباس التالى: لـــيس ثمة شك فى أننا سنكتشف، واحدًا تلو الآخر، كل الخطوات فى المعمل... لنا الحـــق فـــى أن نكون متفائلين «فى الأصل والتطور وتوزيع الحياة فى الكون» **The origin, evolulion and distribution of life in the universe** فى النهايات الكونية ونهايـــات الإنـــسان» لـــ :سيريل بونامبيروما» **Cyril Ponnamperuma.**

(ed., Clifford Matthews and Roy Abraham Varghese), Open Court, Chicago 1955).

(١٥) مصطلح «الرب الذى يملأ الفجوات» **God of gaps** «استخدمه الثيولوجيون للإشارة إلى محاولات شرح «الفجوات» فى المفهوم العلمى للطبيعة من خلال تحركات مقدسة أو إلهية منتقاة.

الفصل الأول

معنى الحياة

تخيّل أنك قمت بالحجز لمقعد لك فى آلة زمن، للسفر بها فى الماضى وإلى الوراء أربعة بلايين من السنين. ما الذى سينتظرك هناك عندما تهبط من الآلة؟ لن توجد تلال خضراء ولا شواطئ رملية. لا جروف بيضاء ولا غابات كثيفة. الكوكب الشاب سوف يكون فيه قليل من الشبه مع ما نراه اليوم. وبالطبع ستبدو تسمية «الأرض» ذاتها كنوع من انتقاد صحة التسمية وبشكل جاد. ستكون تسمية مناسبة لو قلت «المحيط»، لأن العالم كله تقريبًا سيكون مغمورًا تحت طبقة عميقة من المياه الحارة. وليس ثمة تقسيم إلى قارات محددة تفرق بين بحر قاسى الطبع وآخر. وستجد هنا وهناك براكين جبارة – جميعها تنتشر على سطح المياه الساخنة تلك، نافثة سحبًا قوية وهائلة وكثيفة من الغازات الضارة. والجو فى عمومه ساحق ماحق وغير قابل للاستنشاق أو التنفس فيه. والسماء، لدى خلوها من السحب، ستكون مضاءة بنور شمس مميتة كرد الفعل الذرى، ومُغرقة للكوكب بأشعة فوق البنفسجية. وفى المساء تضىء السماء بشهب ونيازك براقة رائحة غادية عبرها. وبين حين وآخر تخترق هذه الشهب الجو الأرضى، غاطسة فى هذا المحيط، مثيرة عواصف عملاقة وأمواجًا عالية أشبه بأمواج «تسونامى» بارتفاع عدة كيلومترات، وتتناثر أجزاؤها حول العالم من أثر الاصطدام.

وقاع المحيط العالمى ذاك لن يكون صخريًا كما نعلم أو نرى فى محيطاتنا الحالية. ثمة مجموعة من جهنمات متناثرة هناك تحت فى القاع، متقدة بنيران بدائية. وفى بعض الأماكن تتمزق (تتفتق) القشرة الأرضية عن صدوع واسعة تنبعث منها ألسنة اللهب ومصهورات البراكين لتقتحم المحيط. ولا يمنع مياه البحر

من الغليان سوى الضغط الهائل للطبقة الفوقية المغمورة فى متاهة فوهات ومنافذ البراكين، المنشئة لوضع معقد من الاضطراب الكيماوى الذى يصل بدوره إلى عمق القشرة المنتفخة. وفى مكان ما من هذه الأعماق المتقدة، وفى التجاويف المظلمة لقاع البحر، يحدث ما هو غير عادى، شىء مقدر له أن يعيد تشكيل الكوكب وربما الكون بأسره .. لقد ولدت الحياة.

ومما لا شك فيه أن الوصف السابق هو نوع من التفكير التأملى فى كيف كانت الصورة آنذاك. ولكن يبقى أنه يعنى واحدًا من السيناريوهات الممكنة التى أعطاها لنا العلماء عن أصل الحياة، وإنْ كان الشاهد أنه أقربها للتصديق، وهو ما يتزايد التصديق به يومًا بعد يوم. ومنذ عشرين عامًا فقط، كان اقتراح أن الحياة بدأت فى أعماق تلك البراكين المتقدة، نوعًا من الهرطقة، خاصة أن ذلك يعنى أنها بدأت بعيدًا عن الهواء وضوء الشمس. إلا أن الأدلة قد أبرزت أن أسلافنا القدامى لم يزحفوا أو دبوا عبر الوحل والمياه الضحلة بقدر ما نشأوا عبر الحرارة الجهنمية تحت الأرض. بل ربما كان من يقطنون السطح، عبارة عن نوع من الزيغ أو الانحراف أو الشذوذ المتعلق بالظروف الخاصة بالأرض وقتئذ. وإذا كانت ثمة حياة فى مكان آخر من الكون فسوف تكون بالكاد تحت الأرض بالكامل وسيندر أن تمارس تشكلها على سطح أيٍ من الكواكب.

وعلى الرغم من أن ثمة موافقة مناسبة على أن التشكلات البيولوچية المبكرة كانت عبارة عن ميكروبات تحيا فى الأعماق، فإن الآراء تبقى منقسمة فيما بين، عما إذا كانت الحياة بدأت من أعماق قشرة الأرض، أم أنها مجرد تواجدت هناك بشكل مبكر. لأنه برغم التقدم الهائل على مدى العقود الأخيرة فى مجال البيولوچيا الجزيئية والبيولوچيا الكيماوية، يستمر العلماء غير عارفين تأكيدًا كيف بدأت الحياة. ولو أن ثمة خطوطًا عريضة لنظرية أصبحت متاحة، فنحن على مبعدة مما تحسبه تقدمًا تدريجيًا عن معرفة العمليات التى أحالت المادة إلى حياة. وحتى الموقع بالضبط الذى كانت فيه «حضانات» هذه العمليات، يمثل لغزًا يثير الغيظ.

فلربما لم يكن أصل الحياة واقعًا على الأرض من أساسه، وربما جاءت الحياة إلى الأرض من الفضاء الخارجي.

والتحدى الذى يواجه نضال العلماء لشرح أو تفسير أصل الحياة، يتمثل فى الحاجة إلى وضع قطع بجوار بعضها البعض من الوقائع والأحداث التى حدثت منذ بلايين السنين، والتى لم تخلف وراءها إلا القليل من الآثار، أو نَفَذَت الآثار بصددها كليةً. لعله هدف مروع أو مثبط للهمة. و على سبيل الحظ فقد تم فى السنوات القليلة الماضية، وضع صورة لطبيعة الكائنات البدائية التى وُجدت على الأرض، وأُستحدثت مجموعات جديدة من التجارب المعملية أدت إلى فهم الصورة الباكرة فى النظام الشمسى. هذا وتعتبر إعادة إحياء فكرة إمكانية الحياة على المريخ سببًا فى توسيع الأفكار عن الشروط الضرورية للحياة. كل هذه التطورات مجتمعة، رفعت من مستوى البحث من مجرد بحوث تُجرى فى الخلفية إلى بحوث تُمثل المجرى الرئيسى لمشروعات البحث.

ومشكلة كيف ومتى بدأت الحياة، تمثل واحدة من أكبر الغوامض المدهشة فى العلم. والأكثر من ذلك أن قصة أصل الحياة تمتد تشعباتها وروافدها إلى الفلسفة، وإلى الدين وإلى الإجابة عن مثل هذه الأسئلة الشّماء، مثل عما إذا كنا الكائنات الواعية الوحيدة فى الكون، وعما إذا كانت الحياة قد جاءت نتيجة حادثة عشوائية أو قانون عميق الجذور، أو ربما ثمة نوع من المعنى المطلق لوجودنا، يعتمد على ما يمكن أن تحسمه كشوف العلم حول تشكل الحياة.

وفى مثل هذا الموضوع المشحون بقوة بمثل هذه المعانى، يصبح من غير المدهش أن نفتقد حس الإجماع فى الأمر. فبعض العلماء ينظرون إلى الحياة كنزوة كيماوية غريبة وفريدة فى الكون. بينما يصرّ بعض آخر على أنها النتاج المتوقع للقوانين الطبيعية الرائعة والفاتنة. وإذا كان هذا الصرح العظيم للحياة هو نتيجة العشوائية والانعطافات الحادة والمحصنة لأحداث القدر، وكما ادعى البيولوچى الفرنسى جاك مونو **Jacques Monod**، فإن علينا أن نجد سببًا عامًا بالتأكيد لإلحاده الواضح، مُعبّرًا عنه جيدًا فى هذه الكلمات(١):

«الغطاء القديم ممزق إلى قطع: عرف الإنسان أخيرًا أنه وحيد فى الاتساع الهائل غير المحسوس للكون، والذى برز عبره بالمصادفة. ولا قَدَر له أو واجب عليه سبق أن تقرر أو كُتب بشأنه».

ولكن إذا كان مرشحًا أن الحياة ظهرت بدرجة – أكثر أو أقل – كجزء من عمق قانونية الكون، وإذا ما كانت مكتوبة خلال الدراما الكونية العظمى بطريقة أساسية – فإنها إذن تمثل إشارات إلى كون له هدف. وعلى الجملة فإن أصل الحياة هو المفتاح لمعنى الحياة.

وفى الفصول القادمة سوف أختبر بعناية آخر دليل علمى كمحاولة لمواجهة هذه المشروعات الفلسفية المثيرة للجدل. كيف كان الكون متعاطفًا بيولوجيا؟ هل الحياة ظاهرة تنفرد بها الأرض؟ كيف أن أشياء معقدة، مثل حتى أبسط التكوينات العضوية يُمكن أن تنتج عن عمليات فيزيائية مباشرة؟

الأصل الغامض للحياة:

«يبدو أن أصل الحياة... تقريبًا معجزة، فكم هى الشروط العديدة التى كان متوجبًا تحققها لكى تمضى الحياة فى طريقها»(٢). هكذا يقول فرانسيس كريك **Francis Crick**. وطبقًا لسكان أستراليا الأصليين فى كمبرلى **Kimberely** عن وقت إنشاء أو خلق اللالاى **Lalai**(*) فإن المسيطر على المجرة وصانع الأرض، سمح للمياه الطازجة بأنْ تسقط على ثعبان الأرض العملاق «وانجود» **Wunggud**. والذى كان جسده مصنوعًا كعنصر ملفوف داخل كرة مملوءة بما يشبه مادة «الجيلى» والمسماة نجالالا ياوون **nagallall ywon** وبتلقيه هذه المياه المنعشة، تحرك زانجود، محدثًا انخفاضًا أو ضعفًا كمرآب يجمع فيه الأرض. حينئذ صنع

(*) من المرجح أنه اسم الله لدى السكان الأصيليين فى أستراليا. (المترجم).

المطر، وأنشأ العمليات الإيقاعية المتناغمة للحياة: الفصول، دورات الإنتاجية، دورات الطمث (الحيض) وشكلت قواها الإبداعية الإطار العام للمشهد ومنحت القوة لكل المخلوقات النامية والتى بقى محتفظًا هو بالهيمنة عليها[٣].

وكل الثقافات لديها أساطيرها عن عملية الخلق وبعضها نابض بالحيوية عن بعضها الآخر. وقد نظرت، أو وجهت الحضارة الغربية لعدة قرون، نظرها إلى الكتاب المقدس للحصول منه على الاستنارة فى هذا الموضوع. وللأسف فإن الكتاب المقدس يصبح أقل رقة وبطريقة مثيرة للإحباط بجوار القصة الأسترالية: خلق الله الحياة بصورتها الحالية تقريبًا وبطريقة مباشرة، كما المعجزة الخامسة.

وليس بعيدًا من كيمبرلى، وعبر الصحراء الرملية الكبرى وعبر جبال بلبارا **Pilbara**، وجدت أقدم أحفورة معروفة على الأرض. هذه البقايا المدهشة شكلت جزءًا من تقديرات العلم عن «الخلق». وكنقطة بداية فقد اعتبر العلم أن الحياة ليست من صنع الله الخالق ولا أى كائن فوق طبيعى، وإنما حدثت الحياة من دون مساعدة من أحد، وإنما كعملية طبيعية صدفوية أو عضوية.

وعبر القرنين الأخيرين فقد عانى العلماء من تجميع وتثبيت القطع المتناثرة من تاريخ الحياة. وأظهرت تقارير الأحافير بوضوح أن الحياة القديمة تختلف بشدة عن الحياة الموجودة بالفعل. وبطريقة مباشرة فإنك كلما ابتعدت إلى الوراء زمنيًا، وجدت الحياة أبسط وأبسط بالنسبة للكائنات قاطنة الأرض. والتكاثر المثمر والمعقد من أشكال الحياة لم يقع إلا فى البليون سنة الأخيرة. هذا وأقدم أحفورة حيوانية حقيقية موثقة وجدت أيضًا فى أستراليا (فى جبال الفلندرز **Flinders Mountains** شمال أدليد **Adelaide**) ويرجع تاريخها إلى ٥٦٠ مليون سنة، وبعد هذا العصر بوقت قصير، منذ حوالى ٥٤٥ مليون سنة مضت، بدأ انفجار حقيقى للأنواع، وبلغت أَوْجُهًا فى استعمار الأرض بواسطة نباتات وحيوانات عملاقة، كما تشكلت الحياة وقتئذ فى نظم عضوية وحيدة الخلية.

هذا السجل من التعقيد والتنوع مشروح جيدًا فى نظرية دارون عن التطور، والتى رسمت صورة للأنواع المستمرة فى التفرع وإعادة التفرع، لتشكل المزيد والمزيد من الامتدادات والأنسال، وعلى سبيل الحديث فإن هذه الأنسال أو الذرية تتقارب وتدور حول أصل واحد. والدليل القوى الذى يؤكد أن الحياة على الأرض تتحدد عبر هذا التفرع من سلف أو أصل واحد يتحصل فى أن كل امرئٍ وكل حيوان وكل نبات وكل باكتيريا غير مرئية، يمكن تعقب أصلها فى الميكروب الصغير جدًا الذى عاش منذ بلايين السنين، حيث كان هو أول الأحياء(٤). أما ما يبقى محتاجًا للتفسير، ويشكل الجزء المركزى فى متاهة الحقيقة العلمية عن الحياة، هى كيف أصبح الميكروب الأول موجودًا، أو بمعنى آخر كيف جاء للوجود؟

والذى يبدو للعيان أن التعمق الزائد فى المسألة من شأنه زيادة عمق السر. إن الخلية الحية هى أكثر النظم فى حجمها تعقيدًا لدى البشرية. إنها تحتضن جزيئات متخصصة، لا يمكن العثور عليها هنا أو هناك، وإنما فقط فى المواد الحية، وهى نفسها غاية فى التعقيد. إنها تنفذ ما يشبه الرقصة المختارة بعناية والدقيقة لأبعد حد، والإخلاص الكامل، والانضباط الأقصى، وهى صفات تخطف الأنفاس وتتعاون معًا فى أوركسترا متناغم، وبشكل أوسع وأكبر كثيرًا من أعقد «الباليهات»، ورقصة الحياة تلك، تشمل ما لا يمكن إحصاؤه من الجزيئات المتعاونة معًا بشكل كامل. ولو أن هذه الرقصة لا إشارة فيها لأى مسئول عن وضع الألحان. لا مشرف عبقريًا ولا قوة سحرية، ولا إدارة واعية تؤرجح الجزيئات، لتختار منها الصالح وفى الوقت المناسب، وتغلق الفجوات، ولا تزاوج بين الشركاء، ولكن تدفعهم للأمام. رقصة الحياة تمضى بشكل تلقائى وعضوى، خالقة ذاتها ومستمرة بذاتها.

كيف يمكن لشىء أن يبلغ هذه الدرجة القصوى من التعقيد؟ وهذه البراعة والدقة البالغة، وهذه المهارة الفائتة شديدة الحساسية، وكل هذا يأتى للوجود بذاته؟ وكيف للجزيئات – غير العاقلة – أن تصبح قابلة فقط للدفع والجذب مع جيرانها المباشرين، ليتعاونا فى الإبقاء على شىء فى عبقرية حياة النظم العضوية الحية؟

وحل هذه الأحجية يتطلب الخوض فى عدة أنظمة، تأتى على رأسها البيولوچيا، ولكن أيضًا مجالات الكيمياء، والچيولوچيا، والفلك، والرياضيات وعلوم الكمبيوتر (الحوسبة الإليكترونية)، والفيزياء، كل منها له مساهماته فى الأمر على نحو أو آخر. وحتى فى التاريخ. قلة من العلماء تعتقد أن الحياة بدأت بقفزة حدثت فى لحظة تاريخية فريدة. فلا وجود لعملية فيزيائية قادرة على التنفس الحيوى داخل المادة بطريقة مفاجئة. ولا بد أنه كانت هناك مرحلة انتقالية معقدة وطويلة بين الجماد والأشياء الحية، عندما وجدت لأول مرة، أحداث ممتدة ومتعاقبة زمنيًا، لا يبدو أنها كانت مقدرة لعدد لا يحصى من التفاصيل. وقانون الطبيعة لا يكفى وحده لشرح أو تفسير كيف بدأت الحياة، لأنه ليس ثمة قانون مفهوم أو يمكن إدراكه قد يجبر حشدًا من الذرات على أن تتبع منهجًا موصوفًا مُحدَّدًا مسبقًا، بينما تطيع أو تستجيب لقوانين الطبيعة، لا بد أن الطريق الفعلى الذى اتخذته الحياة كان صدفويًا وخاضعًا للظروف أكثر من مجرد انصياعه لقوانين الطبيعة، أى أنه نتيجة للمصادفة غير المتوقعة، كما يطلق عليها أهل الفلسفة. وبسبب هذا وبسبب جهلنا بالشروط التى سادت فى الماضى البعيد، فلن نعرف أبدًا بالضبط ما الحادث الذى أنتج الحياة فى شكلها الأول.

ومع ذلك فإن غموض الإحياء العضوى يذهب إلى مستوى أكثر عمقًا من مجرد الجهل بالتفاصيل. لأنه ثمة مشكلة عويصة تتعلق بطبيعة الحياة. وهناك على مكتبى «أباجورة» من تلك التى كانت شائعة فى ستينيات القرن الماضى، محتوية على سائلين مختلفى اللون ولا يختلطان، نقاط سائل منهما تنتشر ببطء عبر السائل الآخر. وفى العادة فالناس تعبر عن مسلك هذه النقاط على أنه شبيه بمسلك الحياة. والحاصل أن هذه الأباجورة ليست وحدها فى هذه الشأن، وإنما عديد من النظم غير الحية لها خصائص تشبه الخصائص الحية، شتلات اللهب الخفاقة أو المترجرجة، كتل الثلج المتساقطة، نماذج من السحب، دوامات التيارات المعاكسة فى نهر ما. ما الذى يميز إذن النظام العضوى الحى حقيقة، عن النظم التى مجرد

تشبهها فى السلوك ولكنها غير حية؟ ليس الأمر ببساطة مجرد اختلاف الدرجة؟ إنما هناك اختلاف حقيقى بين طبيعة الشىء الحى بالفعل والشىء الذى فقط مجرد شبيه به ولكن من دون حياة فعلية. إذا ما رقدت فرخة فوق بيضة، فسيكون رهانًا عادلاً أن الصغير النابت ريشه توًا فى مخبئه سيصبح هو أيضًا فرخة. ولكن حاول أن تتنبأ بشكل قطعة الجليد المتساقطة القادمة كيف سيكون بالضبط. الفرق الحاسم هنا أن الفرخ الجديد قد تم صنعه طبقًا لتعليمات جينية محددة. بينما نقاط سائل الأباجورة، وقطع الثلج المتساقط، ودوامات النهر، جميعها سوف تَتشكّل شاءت هى أو أبت، أى على نحو يعوزه التقرير المسبق. فليس ثمة جينات فى قطع الجليد. والتعليمات المكوِّنه للتعقيد البيولوجى تكون معقدة بدورها، وباستخدام اللغة الحديثة فى هذا الشأن، فإن التعقيد مبنى على قاعدة معلومات معقدة. وعبر الفصل التالى سوف أناقش أنه لا يكفى أن نعرف كيف ظهرت تلك التعليمات المعقدة، بل يجب أن يمتد اهتمامنا إلى أصل المعلومات البيولوجية. وكما سنرى فإن العلماء مازالوا بعيدين جدًا عن حل هذه المتاهة – المفهومية الأساسية. وبعض الناس يبتهج لهذا النوع من نقص المعلومات، باعتبار أن ذلك يفتح الباب لخلق إعجازى. ومع ذلك فإن وظيفة العلم أن يحل الألغاز دون اللجوء إلى مصدر مقدس يهيمن على الأشياء. ولكن العلماء لا يزالون غير متيقنين من كيف بدأت الحياة.

لا يعنى هذا أن الحياة ليس لها أصل طبيعى. كيف للمرء أن يذهب فى طريق حشد، أو تركيب تقديرات علمية حول المسألة الإحيائية أو نشوء الحياة؟ يبدو هذا الهدف وكأنه لا أمل فيه لأول وهلة. لأن الوسائل التقليدية فى السعى وراء الأحافير الصخرية تقدم لنا قليلاً من المفاتيح. معظم الجزيئات «قبل الحية»، والتى مهدت لظهور الحياة، سبق أن تم استئصالها أو اجتثاثها منذ مدة طويلة. وأحسن ما يمكن أن نأمل فيه هو بقايا تدرج كيميائى من النظم العضوية السابقة، والتى منها برز النسيج الخلوى الحى المألوف لنا.

وإذا كنا سنعتمد فقط على الأحافير الصخرية، فإن هدف فهم أصل الحياة والتطورات المبكرة للحياة سيكون هدفًا هائلاً ومرعبًا بالطبع. ومن حسن الطالع أن ثمة خطًا آخر من الأدلة، يساعد الخط السابق. إنه يمتد بدوره إلى الماضى المظلم البعيد، ولكنه يوجد هنا والآن، داخل بعض أشكال الحياة التى لا تزال باقية. يقتنع البيولوجيون بأن بقايا أو تذكارات باقية من النظم العضوية الحية القديمة، تعيش فى العمليات البيوكيماوية لأخلافهم، ومن بينهم الإنسان. وبدراسة كيف تعمل الخلية الحديثة يمكننا أن نلقى نظرة خاطفة على بقايا حياة السلف وهى تعمل – جزىء فريد أو مميز هنا، رد فعل كيميائى ناقص على نحو ما هناك – هى ذات الطريقة الخارجة على المكان، أجزاء صدئة من الأرض أو واهنة، ركام مشكوك فيه، أى تغيرات فى الأركيولوجيا (علم طبقات الأرض). وهكذا نجد واسطة بين تعقيدات العمليات التى تجرى فى الحياة العضوية الحديثة وآثار نضال الحياة البدائية، وتشكل معبرًا بيننا وبين ماضينا البعيد. وبتحليل هذه الآثار الغامضة، وجد العلماء خط البداية لإعادة بناء وتشكيل الطرق الفيزيائية والكيميائية التى قد تكون أدّت لوجود أول خلية حية.

وحتى مع هذه المفاتيح البيوكيماوية، تظل إعادة الإنشاء ذاك معتمدة بشكل كبير على التخمين لولا الاكتشافات التى حدثت أخيرًا لما يمكن أن تطلق عليه «أحفوريات حية» معينة، وهى تلك الميكروبات التى تقطن أماكن شاذة وبيئات غاية فى التطرف، وأعنى بها الحشرات العملاقة **Superbugs** والتى تسمى عادة إكستريموفيلز **extremophiles** والتى أُخضعت للفحص الكثيف، والتى أحدثت نوعًا من التنوير فى الميكروبولوجى. وهى ربما تكون بحالتها هذه هو ما نلقى عليه نظرتنا الخاطفة كميكروبات شاذة وغريبة، بينما هى قريبة كل القرب للحالة العضوية البدائية التى «باضت» لنا الحياة على الأرض. هذا وربما يأتينا مزيد من المفاتيح عبر البحث عن الحياة على المريخ والكواكب الأخرى، ودراسة المذنبات والشهب النيزكية. وبوضع كل خيوط الأدلة كقطع متجاورة، فلربما تسمح لنا بإمكانية استنتاج أو استقراء، فى خطوط عريضة على الأقل، ما هى الطريق التى ظهرت عبرها الحياة فى الكون أول ما فعلت.

ما الحياة؟

من المهم قبل أن نمسك بتلابيب المشكلة أن تكون لدينا فكرة واضحة عما هى الحياة؟ منذ خمسين عامًا مضت كان العلماء مقتنعين بأن لغز الحياة قد أصبح قاب قوسين أو أدنى. وميز البيولوجيون أو تعرفوا على أن المفتاح يكمن فى مكونات الجزىء داخل الخلية. وكان الفيزيائيون فى ذلك الوقت، قد فسروا تمامًا تشكيل المادة على المستوى الذرى، وبدا أنهم قريبًا ما سيجدون سر الحياة أيضًا.

وتم وضع الأجندة (الأفكار مرتبة حسب آلياتها أو أولوياتها) بنشر كتاب إيروين شرودنجر "Erwin Schrödinger" «ما هى الحياة؟» **What is Life?**، وبدا فى ذلك الوقت، أن الحياة ليست أكثر من آلة متجمعة من أجزاء ميكروسكوبية يمكن دراستها باستخدام التقنية الخاصة بالفيزياء التجريبية. وثمة أبحاث تتصف بالحذر وبالاحترام استسلمت لهذه الوجهة من النظر. لقد تعرضت الخلية لرواية كثير من الأكاذيب عنها كآلة صغيرة جدًا أو منمنمة الطابع. ومع ذلك فإن صورة الخلية اليوم كأنها ليست سوى آلة معقدة جدًا تعتبر نظرة ساذجة. ولكى تكون متأكدًا، فإن البيولوجيا الجزيئية قد حققت نجاحات باهرة، إلا أن العلماء لا يزالون غير واثقين تمامًا، فالذى يمكن أن يضعوا أصابعهم عليه ذلك الذى يفرق بين نظام عضوى حى وبين النماذج الأخرى من الأشياء الفيزيائية. والتعامل مع النظام العضوى كآلية قد حقق وبرهن بلا شك على ثمار عديدة، ولكن من المهم ألا نلتصق بسحر هذا النجاح. التفسير الميكانيزمى أو الآلى هو جزء مهم لفهم الحياة، ولكنه لا يمثل القصة كلها.

ودعنى أعرض عليك مثالاً حاسمًا على أين تقع المشكلة؟ تخيل أنك تقذف فى الهواء بطائرين، أحدهما حى والآخر ميت، فإن هذا الأخير سوف يسقط على الأرض، محدثًا صوتًا مكتومًا وعلى بعد عدة أمتار قليلة ممكن حسابها. أما الطائر

الحى فسوف ينتهى به الأمر باستعدال «عامود الإدارة» خاصته مستمرًا إلى أعلى مستقرًا على أى هوائى تليفزيون فوق أى بيت فى البلدة، أو على فرع من فروع إحدى الأشجار، أو على سطح سياج شجرى لأحد المنازل، أو فى عش. وهكذا يبدو من الصعب أن تخمن مسبقًا إلى أين سينتهى به الأمر بالضبط.

وأنا كفيزيائى اعتدت على التفكير فى الأشياء أو المواد على أنها قابلة للتأثير على غيرها فى نفس الوقت الذى تقبل التأثير فيها من غيرها، وأن الاستجابة فى المجالين تكون عندما يتم إجبارها من قبل قوة خارجية – مثلما فى حالة الطائر الميت عندما انهمد على الأرض بتأثير شد من جانب قوى الجاذبية. ولكن المخلوقات الحية لديها «حياة» بالمعنى الحرفى، خاصة بها هى. كما كانت تشتمل فى داخلها على شرارة أو ومضة تمنحها الاستقلالية أو السيطرة الذاتية، حتى إنها تستطيع (ومن دون حدود) فعل أىّ مما يرضيها. حتى الباكتيريا فهى تقوم بما هو متطلب فيها ومنها وبطريقة صارمة. هل تكون هذه الحرية الداخلية، هذه التلقائية تعنى أن الحياة تتحدى قوانين الفيزياء أو أن الحياة العضوية تعتبر هذه القوانين مجرد عدة أو جهاز روتينى تستخدم قوانينه فى تحقيق ما تبتغيه؟ إذا كان الأمر كذلك، فكيف؟ وإلى أين تكون نهايات هذه الرغبات، بل من أين تأتى من عالم محكوم ظاهريًا بقوى عمياء لا هدف لها؟

هذه الخاصية المتعلقة بالاستقلال الذاتى، أو الحكم الذاتى يبدو أنها تلمس أكثر العناصر غموضًا والتى تُفرّق بين الأشياء الحية والأشياء غير الحية، ولكنه من الصعب معرفة من أين تأتى. ما الخواص الفيزيائية للنظام العضوى الحى التى تمنحه هذه الاستقلالية؟ لا أحد يدرى.

الاستقلالية والحكم الذاتى يعتبران سمة مهمة للحياة، ولكن هناك سمات عديدة أخرى من بينها ما يلى:

إعادة النسخ Reproduction: النظام العضوى الحى لا بد أن يكون قابلاً لإعادة النسخ. وبالرغم من أن بعض الأشياء غير الحيّة مثل البللورات يمكنها أن تُعيد النسخ، بينما الفيروسات التى يعتبرها كثير من الناس أنها من الأحياء، فهى غير قادرة على التكاثر وحدها. البغال بالتأكيد هى من بين الأحياء ومع ذلك فهى عقيمة ولا يمكنها إعادة النسخ. والإثمار الناجح هو أكثر من مجرد نسخة طبق الأصل من الأصل وإنما لا بد أن يحتوى بدورها على نسخة من جهاز النسخ أيضًا. ولكى ينتشر التوالد وينتقل إلى الذرية فى جيل تالٍ فلا بد من إعادة نسخ وسائل إعادة النسخ فى نفس وقت إعادة نسخ الجينات ذاتها.

الأيض (الهضم) Metabolism(*): لكى تصبح حيًّا على وجه صحيح فإن على النظام العضوى أن يفعل شيئًا. كل عملية كيماوية للنظام العضوى تنتقل عبر ردود فعل وتتابع معقّد. وكنتيجة لذلك تقوم بتكديس الطاقة، لتجعلها قابلة للقيام بأهدافها مثل الحركة وإعادة النسخ. هذه العمليات الكيمائية وتحرير الطاقة تسمى «الهضم أو الأيض"، ومع أن ذلك لا يمكن معادلته بالحياة. لأن بعض النظم العضوية الصغيرة (الميكرو) يمكنها أن تصبح معلقة أو ساكنة لمدة طويلة مع توقيف كل وظائفها الحيوية. وسوف نعترض على اعتبارها من الموتى إذا كان ممكنًا أن تعود إليها الحياة.

الاغتذاء Nutrition: وهذا قريب بدوره من الأيض. فإذا أنت احتبست نظامًا عضويًا حيًا داخل صندوق مانع لتسرب الغاز أو أى شىء آخر، فخلال قدر معين من الوقت ستجد وظائف هذا النظام قد خفتت وفى النهاية سيموت. إذن من الحاسم للحياة أن يكون ثمة إمداد دائم بالأشياء والطاقة. وعلى سبيل المثال فإن الحيوانات تأكل، والنباتات تخضع لنظام التركيب أو التمثيل الضوئى **Photosynthesize**. ولكن تدفق المادة والطاقة وحدهما لا يكفى للإمساك بعملية

(*) الأيض باختصار هو العمليات الكيميائية فى الخلايا الحيّة التى تؤمن بها الطاقة الضرورية للعمليات الحيّة، والتى بها تُعوّض الطاقة المفقودة (المترجم).

الحياة. البقعة الحمراء الكبيرة لكوكب الزهرة عبارة عن دوامة من السوائل تبقى في دورانها بسبب تدفق المواد والطاقة. ولا أحد يقترح أنها حية. بالإضافة إلى أن الحياة لا تحتاج فقط للطاقة، إنما إلى شيء ما مفيد، أو طاقة حرة (مزيد من المعلومات عن ذلك ستجرى مناقشته فيما بعد).

التعقيد Complexity: كل النماذج المعروفة للحياة هى معقدة بشكل مدهش. حتى النظم العضوية وحيدة الخلية مثل الباكتيريا فهى تشتمل على أنشطة مزدحمة تتكون من ملايين المكونات. وجزئيًا فإن هذا التعقيد هو الذى يضمن عدم قابلية العضو للتنبؤ بخياراته. ومن الناحية الأخرى فإن الإعصار والمجرة هما معقدان بدورهما، والإعصار معروف بعدم إمكانية التنبؤ بسلوكه. والكثير من النظم الفيزيائية غير الحية هى من التعقيد بحيث يصعب التنبؤ بسلوكها، بل وحتى يمكن أن تكون فوضوية الطابع **random**.

التنظيم Organization: ربما ليس التعقيد فى ذاته هو الذى له معنى فى الأمر. ولكن التعقيد المنظم. ومكونات أى نظام عضوى لا بد أن تتعاون مع بعضها البعض وإلا ستداعى وظائف النظام ككيان متماسك. وعلى سبيل المثال فإن مجموعة من الشرايين والأوردة لا تكون نافعة وحدها من دون قلب يضخ فيها الدم. وزوج من السيقان لن يعرف تقدمًا فى الحركة لو أن كل ساق منهما تتحرك وحدها وفى اتجاه مغاير للأخرى. وحتى داخل الخلايا المستقلة فإن درجة التعاون مدهشة. فالجزيئات لا تجرى فى حياتها هكذا بشكل صدفوى، ولكنها تُبدى نوعًا من أشكال المصانع أو خطوط الإنتاج داخل مصنع مع مستوى عال من التخصص: قسم للعمالة، وقسم يدير هذه العمالة لكى تتم عملية الإنشاء على وجه صحيح.

النمو والتطور Growth and development: النظم العضوية الحية المستقلة تنمو، والنظم المحاكية لها تميل إلى الانتشار (إذا كانت المشارطات صحيحة). ولكن كثيرًا من الأشياء غير الحية تنمو بدورها (البللورات، والصدأ، والسحب). هى سمة بارعة ورقيقة ولكنها تعطى معنى كخاصية للأشياء الحية،

وتُعامل على أنها مستوى للتطور. إن القصة المشهورة عن الحياة على الأرض هى واحدة من التكيف التدريجي الثورى، كنتيجة للتنوع والجدّة. التنوع هو المفتاح. إنها إعادة النسخ متضمنة التنوع هى وحدها التى تقود إلى التطور الداروينى. وربما نعتبر أننا نقلب المسألة رأسًا على عقب بأن نقول: إذا ظهرت بالطريقة التى وضعها دارون، فهى ستعيش.

احتواء المعلومات Information content: فى السنوات الأخيرة ركز العلماء على المشابهة بين النظم العضوية الحية والكمبيوترات. إنّها مسألة حاسمة أن المعلومات ستكون محل احتياج فى إعادة نسخ نظام عضوى معتمدة على الجينات المنقولة من الآباء لكى يحققوا الإثمار أو نماء الذرية. وهكذا فإن الحياة هى تقنية معلوماتية مكتوبة بخط صغير. ولكن مرة أخرى فإن المعلومات على هذا النحو لن تكون كافية. ثمة معلومات اعتراضية تعنيها الأوراق الساقطة فى الغابة، ولكن هذا لا يعنى شيئًا. لكى تكون المعلومات قَيِّمة فى مجال وصف الحياة لا بد أن تكون معلومات لها معنى للنظام الذى يستقبلها: لا بد أن ثمة «كتابًا» معينًا. وبكلمات أخرى فلا بد أن تكون المعلومات متخصصة. ولكن من أين جاء هذا الكتاب؟ وكيف لهذا التخصص النافع أن ظهر عفويًا فى الطبيعة؟

تشابك النظم المنظورة وغير المنظورة Hardware / Software entanglement: كما سنرى فإن كل أنواع الحياة التى وُجدت على الأرض جاءت أرومتها أو نسبتها السلالية من صفقة مغلقة بين نوعين مختلفين فى المستوى من الجزيئات: الأنوية الحمضية والبروتينات. وكل منهما يجير الآخر ليس على مستوى الخواص الكيميائية فقط، وإنما يذهب العقد بينهما إلى ما هو أبعد من ذلك، إلى قلب ما تعنيه الحياة، أو ما نعنيه بالحياة. الأنوية الحمضية تقوم بتخزين ما يمكن أن نسميه «سوفت وير» الحياة (الجزء غير المنظور) بينما البروتينات هى «الشغّيلة» الفعلية التى تنشئ ما يمكن تسميته «الهاردوير» (الجزء المنظور). وهذان المجالان الكيماويان يدعم كل منهما الآخر لأن هناك اتصالاً عالى

التخصص والتقنية عبر قناة تتوسط بينهما، من خلال شفرة مسماه «الشفرة الجينية» هذه الشفرة وقناة الاتصال تلك كليهما يطوران نتاجًا لهما، له تأثير تطوير السوفت وير والهاردوير للحياة بطريقة تثير الارتباك والتناقض.

الدوام والتغيّر Permanence and change: ومتناقضة أخرى للحياة تتعلق بالرابطة بين الدوام والتغيُّر. هذه المتاهة القديمة أحيانًا ما يشير إليها الفلاسفة لمشكلة كيف نصبح سماويين. إن وظيفة الجينات هى إعادة النسخ، أى أن تحفظ الرسالة الجينية. ولكن من دون تنوع، ومن دون تكيّف، فسوف تزوى الجينات فى النهاية: تكيّف أو مت؟ وهو الأمر الداروينى. ولكن كيف يتواجد «الحفظ» و «التغير» فى نظام واحد؟ هذا التناقض يقع فى قلب البيولوجيا. الحياة تزدهر على الأرض بسبب التوتر الإبداعى الموجود بين هذين المطلبين المتصارعين، ولكننا نظل من دون فهم كامل لكيف تتم المباراة.

وسيكون واضحًا أن ليس ثمة إجابة سهلة للسؤال الذى طرحه شرودنجر: ما الحياة؟ ليس ثمة تعريف بسيط أو خاصية بسيطة تميِّز بين الحى وغير الحى. ربما الأمر كذلك لأن العلماء يقدمون العالم الطبيعى كوحدة. وأى شىء يؤدى لوضع حد فارق بين الحى وغير الحى يخاطر بانحيازنا تجاه الاعتقاد بأن الحياة هى غموض أو سحر، أكثر منها منتسبة للطبيعية بالكامل. إنها خطأ كامل أن نسعى وراء خط فاصل بين النظم الحية والنظم غير الحية. حيث لا يمكنك أن تنزع الريش المرقط أو المزين لعنق الطائر ثم تعرفه بقلب الحياة غير القابل للإنقاص، مثل جزىء معين. ليس هناك شىء مثل الجزىء الحى، فقط نظام عمليات جزيئية يمكن أخذها بشكل جمعى، وهى التى يمكن وصفها بالحياة.

يمكننى تلخيص هذه الخصائص عن طريق الإقرار بأنه يبدو أن الحياة، وبشكل عام، تتعلق بعاملين حاسمين: الأيض وإعادة النسخ. ونستطيع أن نرى ذلك فى حياتنا نحن. لأن أهم أربعة أشياء أساسية يفعلها الكائن الحى هى: التنفس، والغذاء والشراب، والإخراج، والجنس. الثلاثة الأولى منها ضرورية للأيض

والأخير ضرورى لإعادة النسخ. ومن المشكوك فيه أن تجمعًا من الذوات لديها أيض من دون إعادة نسخ أو لديها إعادة نسخ من دون أيض يمكن أن نصفه بالحياة بالمعنى الكامل للكلمة.

قوة الحياة.. وملاحظات غير قابلة للتصديق

بهذه السمات المراوغة للحياة، فإنه لا يدهشنا أن يلجأ بعض الناس لتفسيرات أو تأويلات ذات مصدر روحى أو صوفى لإيضاحها، ربما تم حشو أو انغرس فى النظم العضوية نوع من الجواهر أو الخلاصة أو الروح التى بعثت فيها الحياة؟ إن الاعتقاد بأن الحياة تتطلب جزءًا تم لها من شىء مفارق وراء وأكبر من أنها مادة عادية تطيع على نحو عادى القوانين الفيزيائية، هذا المعتقد معروف باسم «المذهب الحيوى» **vitalism**(*). إنه فكرة مضللة وذات تاريخ طويل. حيث اقترح الفيلسوف الإغريقى أرسطو **Aristotle** أن ثمة خاصية سماها «قوة الحياة» أو «النفس» أو «العقل» أو «الروح» **"Psyche"** هى التى وهبت النظم العضوية الحية مميزاتها الملحوظة، خاصة تلك المتعلقة بالسيطرة الذاتية والحركة الذاتية «روح» أرسطو هذه تختلف عن «الروح» التى أشارت إليها المسيحية بعد ذلك والتى يشار إليها بالمصطلح **Soul** كخاصية منفصلة ولها خصوصيتها. وبالطبع ففى السمط الذى اقترحه أرسطو فكل شىء فى الكون من المفترض أنه يشتمل على خواص تحدد سلوكه. وكأثر لهذه الفكرة فقد نُظر إلى الكون كله كنظام عضوى.

وعبر القرون فقد عاد ظهور فكرة «قوة الحياة» هذه ولكن فى هيئات مختلفة. ومن وقت لآخر تجرى محاولات لربط الفكرة مع بعض العناصر الخاصة أو المتكلفة كالهواء مثلاً، وربما لم يكن هذا غير عقلانى، لأنه بعد كل شىء فإن

(*) ويقول المذهب الحيوى بأن الحياة مستمدة من مبدأ حيوى ولا تعتمد كلية على العمليات الفيزيوكيماوية (المترجم).

التنفس يتوقف بالوفاة، كما أن التنفس الصناعى يمكنه أحيانًا من تجديد بعض الوظائف الحيوية وإحيائها. ومؤخرًا فقد أصبح الدم هو الجوهر أو المادة مانحة الحياة. وهذه الأساطير القديمة ما زالت باقية معنا من خلال تعبيرات مثل «الحياة المتنفسة» "breathing life" أو «نزح أو استنفاد دورة حياة الدم» " draining away the life blood" كما لو أن هناك أكثر من نوع من الدماء.

ومع تقدم الفهم لدى العلماء، أصبحت قوة الحياة مشتركة مع مفاهيم أكثر تميزًا. فقد جرت دعاوى إلى أنها قابلة للمساهمة مع مادة «الأثير» أو «الفلوجستون» "phlogiston"(*) أو "aether" وكليهما من الجواهر المتخيلة والتى أصبحت سيئة السمعة وغير قابلة للتصديق طبقًا لهذا المجرى من التفكير. وثمة فكرة ثانية كان لها شأو شعبى فى القرن الثامن عشر، وتتلخص فى تعريف قوة الحياة بالكهرباء. فى هذا الوقت كانت ظاهرة «الكهربية» غامضة بدرجة كافية لأن تخدم هدفًا كهذا الهدف، والتجارب الشهيرة لـ: فولتا Volta أبرزت أن الكهرباء يمكن أن تشد بقوة عضلات الضفدع. كما أن المعتقد بأن الكهرباء يمكن أن تعيد إحياء المادة، ثم استخدامه بطريقة دراماتيكية فى الرواية الشهيرة التى أبدعتها «مارى شيللى» Mary Shelley بعنوان «فرانكنشتاين» "Frankenstein"، والتى فيها الوحش – الذى تم تجميعه من أعضاء جثث الموتى – قد بُعث حيًا عبر شرارة كبيرة من عاصفة رعدية. وفى أخريات القرن ١٩ حل النشاط الإشعاعى محل الكهرباء باعتباره آخر الظواهر الغامضة، وبالتالى جرت دعاوى بأن محلولاً من الجيلاتين، ربما تقطّر ومعه الحياة إذا عرض لانطلاقات إشعاع بللورات الراديوم.

تلك المحاولات الباكرة لتفسير قوة الحياة تبدو لنا اليوم كنوع من العته أو السخف. ومع ذلك فإن افتراض أن الحياة تتطلب شيئًا إضافيًا للقوى الفيزيائية

(*) وهى مادة كيماوية وهمية، وكان يُعتقد قبل اكتشاف الأوكسجين أنها من المقومات الأساسية للأجسام الملتهبة ومن هنا جاءت تسميتها «اللاهوب» (المترجم).

المعتادة، عاش جيدًا خلال القرن العشرين. ولمدة طويلة كان الظن أن الكيماويات التى تصنعها النظم العضوية تختلف عن باقى العمليات الكيماوية. وحتى اليوم فإن مسألة الكيمياء تنقسم إلى ما هو عضوى وما هو غير عضوى. وكان تطبيق ذلك يتمثل فى أن المواد العضوية مثل الكحول **alcohol** والفورمالين **formaldehyde** واليوريا **urea** بشكل أو آخر تحفظ الجوهر السحرى للحياة، حتى عندما يتم فصلها عن أى نظام عضوى حى. وعلى سبيل المخالفة فالمواد غير العضوية مثل الملح العادى **common salt** فهو ميت مائة بالمائة.

وقد كان نوعًا من الصدمة عام ١٨٢٨ عندما حاول فريدريش وولر **Friedrich Wohler**، أن يصطنع اليوريا من سيانيد الأمونيوم **ammonium cyanate**، وهو مادة غير عضوية. خارقًا بذلك القانون الحائل بين ما هو عضوى وما هو غير عضوى، موضحًا، بذلك، أن الحياة نفسها ليست ضرورية كى تصنع مواد عضوية. داحضًا فكرة أن الكيماويات العضوية تختلف بحدة عن غيرها. وسرعان ما انتهت فكرة الفصل هذه. وأصبحت مجموعة مألوفة من المبادئ ستحكم من الآن فصاعدًا عالم الكيمياء للأحياء وغير الأحياء معًا. والآن نحن نعلم أن الذرات تدور فى المحيط الحيوى إلى داخل وخارج النظم العضوية الحية طول الوقت. وكل ذرة كربون فى جسدك متكافئة تمامًا مع أى ذرة كربونية فى الهواء أو فى كومة من الطباشير. ليس ثمة سحر أو غموض فى نشاط يرى أن ذرات الكربون فى جسدك حية، أما الباقيات منها حولك تكون ميتة. ليس ثمة خاصية شبيه الحى تتطلبها ذرة الكربون عندما تأكلها، وأن تكون غير حية حينما ترسلها خارجك عبر إحدى تنهيداتك.

وبالرغم من ضبابية وغموض التميّز بين كيماويات عضوية وأخرى غير عضوية، فقد عاش المبدأ الحيوى حيث عممه بعض الفلاسفة المعروفون جيدًا مثل «هنرى برجسون» "**Henri Bergson**" فى فرنسا. وفى الواقع قد دخل إلى مرحلة علمية مع أعمال إخصائى ألمانى فى علوم الأجنّة يدعى «هانز دريش»

"**Hans Driesh**" فى تسعينيات القرن ١٨. لقد كان دريش متأثرًا بالطريقة التى يمكن فيها للجنين أن يكون متشوهًا فى مراحل نموه الباكرة، ومع ذلك يبقى ويشفى وينتج كائنًا حيًا صحيحًا وعاديًا. مثل هذه الملحوظة وغيرها من الخواص الملحوظة فى نمو الكائن الحى قادت دريش لاقتراح أن بروز الشكل الصحيح للكائن الحى، بكل تعقيداته التى يصعب تحليلها، يعنى أنه خاضع لسيطرة قوة حياة تقود العمليات والتى اصطلح لها المسمى: «إنتيليشى» "**entelechy**". كما أدرك أن تلك الخواص الآمرة لتلك القوة المسيطرة سوف تكون فى موضع التصارع مع القوى الفيزيائية العادية ومع قانون حفظ أو بقاء الطاقة. ولذلك اقترح أن «الإنتيليشى» تتصرف على نحو يؤثر على توقيت تفاعلات الجزيئات بطريقة تنتج نموذجًا له مرتبة أعلى ومتعاونًا.

ولو أن نمو الجنين ظل غير مفهوم كليًا، ولكن ما عرف عنه وعن النموذج التشكلى البيولوجى فى عمومه كان كافيًا لإقناع البيولوجيين بأن الـ «إنتيليشى» أو أى وجه آخر للنظر فى مفهوم قوة الحياة، ليس من قبيل الضرورة التعقيدية. وهذا لم يمنع كثيرًا من غير العلماء من التمسك بأفكار المبدأ الحيوى حتى اليوم. والمعتقدات فى ذلك تتراوح بين الظاهرة العلمية مثل صورة كيرليان **Kirlian** التى تظهر نوعًا من الإكليل أو الهالة تتوهج حول يد المرء والتى ترجع إلى وَضْعها فى مجال كهربائى قوى، إلى حتى الأفكار الصوفية الغامضة والجزئية أو غير الخجولة لـ «الين» "**yin**" و«اليانج» "**Yang**" عن الطاقة المتدفقة، والكارما **Karmas**، والشرارة التى تظهر منها فقط عند منح «الروح» **Psychi**. ولسوء الحظ بالنسبة للصوفيين فليس ثمة تجربة علمية مسيطر عليها، قد تم إجراؤها على نحو صحيح عن قوة الحياة وهى تعمل، ولا نحن فى حاجة لقوة تفسر ما الذى يجرى داخل كائن بيولوجى حى.

وسبب آخر لرفض الشروح الحيوية للحياة وهو أنها بالكامل تخص سلوكًا أو تكاد تكون منشأة كلية لهذا الغرض. ولو أن قوة الحياة تعبر عن نفسها فقط فى الأشياء الحية، فسوف تكون له قيمة تفسيرية ضعيفة وربما لا قيمة على الإطلاق.

ولكى نجعل هذه النقطة واضحة، دعنى استخدم تشابه آلة بخارية قادرة على الحركة. فإذا سألت ما هى هذه الآلة وكيف تعمل، فإن أى مهندس يمكن أن يعطيك إجابة تفصيلية عن هذا السؤال. يمكنه أن يخبرك عن الصمامات والنقاط المتحكمة وضغط البخار وقواعد الديناميكا الحرارية فى مجال الإحراق. ويمكنه أن يرشدك إلى أزرار الحركة التى تؤدى إلى حركة العجلات. ويمكنه أيضًا أن يشرح لك شموع الاحتراق وكيف تعطى وميضًا يؤدى إلى قذف شعلة ودخان دافع للحركة.

والآن لا بد أن يكون موضوعيًا أن تقديرات المهندس ولو تفصيلية وكاملة، تظل بعيدة عن خلاصة الآلة، الشيء الذى يمنح مجرد كمية كبيرة متصلة من الأجزاء المعدنية هذه القوة المثيرة، «صاحبة الجلالة"، الحركة المتوافقة الأنيقة، معنى الحضور الذى يجعل المرء يتشارك مع آلة متحركة بخارية. وهكذا هل علينا أن نفترض ذلك أنه بالإضافة لأنها تَجَمُّع من محتويات معدنية، فإن الآلة يجب شحنها بهذا المُوَجِّه **traininess** الذى يجعلها آلة حقيقية؟

بالطبع الأمر عبثى. أين نجد هذا الموجّه أكثر مما نجده فى قطار؟ الآلة البخارية ببساطة هى مجموعة القطع والأجزاء المكونة لها ومرتبة بالطريقة التى هى عليها وليس هنا شيء إضافى تتضمنه ولا ذاك الموجِّه، الذى يمكن أن يضيفه الصانع ليجعل من الآلة شيئًا حيًا من أجل الغرض الذى قُصد بها. وبالمثل فإن السعى لفهم أصل الحياة، يحدو بالعلماء للنظر إلى العمليات العادية التى تقوم بها الجزيئات لكى يفسروا ما يحدث، وليس من أجل «قوة حياة» خارجية يمكن أن يحيى مادة ميتة. والذى يجعل الحياة مهمة هكذا، وما يميز الحى من غير الحى، ليس هو مما يتألف الكائن الحى، ولكن كيف تجمعت هذه الأجزاء وتعمل مع بعضها ككل.

وبالرغم من الحقيقة القائلة بأن المبدأ الحيوى أصبح سيئ السمعة وغير قابل للتصديق به. فإن أصل الفكرة يظل صحيحًا. ليس هناك شيء مادى، أو أى شيء داخل الكائن الحى، شيء فريد وحَرْفى وحيوى للعملية المنوط بها. ليست خلاصة

أو قوة أو ذرة لها حيوية. هذا الشيء الزائد هو نوع معين من المعلومات، أو باستخدام الرطانة الحديثة «سوفت وير» أو غير المنظور.

قصة الجزيء القديم (الأول):

في داخل كل واحد منا تكمن رسالة. وهذه الرسالة موصوفة في شفرة قديمة، وفقدت بداياتها في ضباب الزمن. وشفرة الرسالة هذه تحتوي على تعليمات لكيف يُصنع الكائن البشرى. ولا أحد كتب هذه الشفرة ولا أحد اخترعها. لقد أتت للوجود بشكل عفوى وتلقائي. وكانت التى قامت بالتصميم هى «الطبيعة الأم» ذاتها، وهى تعمل داخل قوانينها الثابتة، كاتبة بحروف استهلالية كبيرة على التقلبات الصدفوية الصعبة. والرسالة ليست مكتوبة بالحروف أو الحبر ولكن فى الذرات المرتبطة معًا يجمعها ترتيب تعاونى متعاقب لتشكيل ما يعرف بالرمز (دنا) DNA، وهى الحروف الأولى للمصطلح **Deoxyribo Nucleic Acid**، وتعنى الحامض الريبوى الذرى الكنزوع الأكسجين، إنها أغرب جزئي على الأرض.

الدنا البشرى يحتوى على عدة بلايين من الذرات مترابطة مع بعضها فى شكل مميز فى زوجين من الخطوط المضفرة. هذا الشكل الشهير اللولبى المزدوج سوف يتحول إلى حزمة ذات شكل التفافى. وإذا قمت بفرد الدنا فى ذرة واحدة من جسدك فسوف تصنع خيطًا بطول مترين. هذه جزيئات كبيرة بالطبع!

ومع أن الدنا هو مُنْشأ مادى، فهو محمل بالعديد من المعانى. إذ إن ترتيب الذرات فى هذا الخيط الحلزونى من الدنا سوف تقرر كيف سيبدو شكلك، وإلى درجة ما كيف تتصرف وكيف سيكون شعورك. الدنا ليس أكثر من «الطبعة الزرقاء» (الطبعة المبدئية قبل النهائية)، وبطريقة أكثر دقة هو نوع من الجبر أو التعليمات اليدوية لبناء كائن حى متنفس ومفكر.

ونحن نشارك مع كل أشكال الحياة على الأرض فى هذا الجزىء السحرى. من الفطر إلى الحشرات الطائرة ومن الباكتيريا حتى الدببة، الكائنات العضوية منحوتة طبقًا لتعليمات الدنا الخاصة بها. وفى كل شخص منا فإن الدنا تختلف عما هى فى أى شخص آخر على الأرض (فيما عدا التوائم المتطابقة)، وتختلف أكثر بالنسبة لأنواع الكائنات الأخرى، ولكن البناء الرئيسى والبنية الكيمائية والتصميم الحلزونى المزدوج، كل ذلك عالمى السمة أى يشترك فيه الكل.

الدنا قديم بشكل لا يصدق وغير متخيّل. لقد تواجد تقريبًا منذ ٣,٥ بليون من السنين. بحيث يجعل من عبارة «قديم قدم التلال» وكأنها بلا معنى. الدنا كان موجودًا قبل أى تَلٍّ على الأرض. ولا أحد يعرف كيف وأين تشكل أول جزىء دنا. وبعض العلماء حدسوا أنه ربما كان غَازِيًا من الفضاء، جزىء قادم من المريخ ربما، أو من مذنب هائم. ولكن على الرغم من تواجد أول حبل من الدنا فإن الدنا خاصتنا وكأقرب احتمال ينحدر مباشرة من هذا السلف – هذا والخاصية التى تبتعد بالدنا عن أى جزيئات كبيرة أخرى فى الكائن الحى، وهى خاصية حاسمة وأعنى بها قابليته لإعادة نسخ نفسه. ولكن الدنا يعيش عملية صنع مزيد من الدنا، أجيالاً بعد أجيال، وتعليمات تليها تعليمات، منظمًا شلالاً عبر العصور أو سلسلة لا تنقطع من النسخ بدءًا من الميكروبات ووصولاً إلى الإنسان.

نسخ مثل هذا الشىء وفقط من ذات النوع. والنسخ التام من الدنا سوف يقود إلى كوكب مغمور كلية أو إلى أقصاه **Knee-deep** من كيانات عضوية وحيدة الخلية المتطابقة. ومع ذلك فليس ثمة نسخ يمكن الاعتماد عليه كلية. إن طابع النسخ الآلى قد يوجد بعض النقاط الشاردة فى النسخة، كما أن خطًا تليفونيًا يتسم بالتشويش قد يشوه عملية نقل رسالة، وكمبيوتر به خلل ما قد يفسد قائمة معلومات عند نقلها من الأسطوانة الصلبة إلى أسطوانة صغيرة **flobby** وعندما تقع أخطاء فى عملية إعادة نسخ الدنا لذاته، فيمكن أن تظهر هذه الأخطاء فى شكل تحول أو تغير مهم فى الكائن العضوى الوارث. فى الغالب يكون التحول مدمرًا، مثل كلمة

عشوائية يمكن أن تتسبب فى تشويه عبارة جملة أو قصيدة قصيرة لـ: «شكسبير» "Shakespeare". ولكن مصادفة، وفقط بالمصادفة، ربما ينتج خطأ ما نتيجة إيجابية ونافعة، مانحًا ميزة للمتحول. وإذا كانت الميزة حافظة للحياة، وتمكن الكائن العضوى من إعادة إنتاج نفسه بكفاءة، فإن الجزء المعطوب من الدنا لن يعيد نسخ نفسه وسيصبح المنسوخ الجديد سائدًا. وعلى سبيل الحديث لا أكثر إذا كان الخطأ المنسوخ قد صادف كائنًا ذا إمكانية تكيّف ضئيلة فإن قيد التحول هنا ربما يزول بعد أجيال قليلة ملاشيًا هذا التنوع المعين أو فرع الدنا هذا.

هذه العمليات البسيطة من إعادة النسخ، والتنوع والاستبعاد هى نفسها أساسيات المنظور الداروينى. والانتخاب الطبيعى – التمحيص الدائم للمتحولين طبقًا للياقتهم – يعمل مثل ترس السقاطة يحافظ على الأخطاء التى تمثل مميزات ومُقصيًا تلك التى تعتبر سيئات. ابتداءً من دنا بعض أسلافنا البدائيين «الميكروب» فإنه قطعة بعد قطعة، وخطأ بعد خطأ فإن طول التعليمات المتزايدة لبناء كائن أكثر تعقيدًا أصبحت فى متناول الإنشاء.

يجد بعض الناس غضاضة فى ابتلاع هذه الفكرة: أن كتيبًا للتعليمات يكتب نفسه بمجرد مراكمة أخطاء نشأت بالمصادفة ولذا دعنى أعيد مناقشة الموضوع مرة أخرى، مستخدمًا القليل من المجاز أو الاستعارة فَكِّرْ فى المعلومات المتوافرة لدى الدنا، كأنها سيمفونية كبيرة بالطبع وجبارة بشكل استثنائى كمقطوعة أوركسترالية تضم مئات العازفين يعزفون آلاف «النوتات». وبالمقارنة فإن دنا السلف القديم ليس إلا مقطوعةً موسيقيةً صغيرةً **Melody** فكيف لهذا اللحن الصغير أن ينقلب إلى سيمفونية؟

افترض أنه طُلب من أحد الناسخين أن يكرر نسخ اللحن الأساسى كخط بداية لقطعة موسيقية. ولكن فى إحدى المرات تتحول النغمة «دو» إلى النغمة «رى». إن مجرد انسياب ضئيل للقلم قد ينتج تغيّرًا طفيفًا فى درجة السرعة أو الحركة أو يجعله فى مستوى معين. بالصفة فإن خطأ أكثر جدية يؤدى إلى خلل كبير فى النوع. جزء

كامل من النوع يتم عزله أو إقصاؤه أو يتم تكراره ربما. أغلب هذا النوع من الأخطاء يفسد توازن الهارمونية (تلاؤم الألحان مع بعضها البعض) حتى إن الهدف المطلوب لا يبقى مستخدمًا. ولا أحد سيرغب فى الاستماع للمعزوفة الموسيقية. ولكن بالمصادفة أيضًا فإن الانسياب الصغير من القلم قد يضيف لحنًا متخيلاً جديدًا جميل السمت، أو إضافة ناجحة أو تغيرًا حميدًا، بمجرد المصادفة. ستتحسن النغمة وستصبح مقبولة ومصدقًا عليها فى المستقبل. والآن تخيل أن هذه العملية من التحسن والمدروسة جيدًا، استمرت على مدى تريليونات العمليات من إعادة النسخ. ببطء ولكن تأكيدًا فإن النغمة سوف تتطلب سمات جديدة، مطورة بناء لحنيًا أثريًا متحولة إلى سوناتا وبعدها إلى كونشرتو وحتى متطورة إلى سيمفونية.

النقطة الحاسمة فى هذا المجاز، والتى لا يمكن الضغط عليها بشدة، هى أن السيمفونية تأتى للوجود دون أن تكون لدى الناسخ أى فكرة معرفية ولو بسيطة بالموسيقى أو حتى كانت خارج مجال اهتمامه. ربما يكون الناسخ أُصَمَّ منذ ميلاده ولا يعلم شيئًا أيًا كان عن الألحان. وهذا لا يهم، لأن وظيفة الناسخ لا تتعلق بالتأليف الموسيقى ولكن تتلخص فى نسخها فقط. والذى لم يكن المجاز صائبًا بشأنه أو فيه هو عملية الاختيار. باعتبار أنه لا يوجد موسيقى عالمى يُدقِّق فى هدف الحياة أو يقوم إزاءها بعملية اختبار للجودة. هناك فقط الطبيعة حادة الأسنان والمخالب مُوَظَّفة لقانون بسيط ولكنه ناشب مخالبه: إذا كان يعمل بفاعلية احتفظ به، وإذا لم يكن كذلك اقتله.

و«يعمل» هنا تُعرف بمقياس وحيد فقط، هو «إعادة النسخ» بكفاءة. وإذا نتج الخطأ فى مزيد من النسخ التى صنعت، فهو بالتعريف، ودون أى اعتبارات أخرى، «يعمل"، أى لو أن «أ» نسخت «ب» ولو بأبسط هامش، فإنه مع تعاقب الأجيال سوف يكون هناك الكثير من «أ» بأكثر من أعداد «ب» ولو حدث أن «أ» و«ب» تزاحما إلى حد التنافس على المساحة التى يحتلها كل منهما، فعما قليل سوف تقصى «أ» «ب» كلية. أى تبقى «أ» حية، بينما تموت «ب».

الداروينية تعتبر المبدأ المركزى، الذى يدور حوله فهمنا لكيف تتبنى البيولوجيا. إنها تقدم لنا تفسيرًا اقتصاديًا قصيرا وبلا تَزَيُّد عن كيف لرسالة جينية نسبية أن تجتهد وتتقن تعاليمها عبر العصور والدهور لتنشئ جزيئات الدنا المعقدة لدرجة إنتاجها إنسانًا. ما دام كتاب التعليمات: الدنا «البشير»، قد تواجد فى المقام الأول، إذن فإن الأخطاء العشوائية والاختيار ربما يكونان قادرين على إبرازها أو ظهورها. الجينات الجيدة تبقى والجينات السيئة تُستبعد. وفيما بعد، سوف أناقش مدى وفاء هذا التفسير الصارم للمطلوب. ولكن الآن فأنا مهتم بنقطة البداية هذه. ومن الواضح أن التطور الداروينى يمكنه أن يعمل فقط عند تواجد نوع ما من الحياة (بصريح العبارة فهو لا يتطلب الحياة بكامل مجدها وزهوها باعتبارها إعادة نسخ وتَنَوّع واختيار). الداروينية لا تقدم لنا أى مساعدة فى مجال شرح الخطوة الأولى المهمة: أصل الحياة. ولكن المبدأ المحورى فى الحياة يفشل فى تفسير أصل الحياة. لقد تُركنا مع معضلة. ما هو المبدأ الآخر أو المبادئ التى تشرح لنا كيف بدأت؟

لحل هذه المشكلة لا بد أن نسعى إلى «مفاتيح» – أين نبحث عن هذه المفاتيح عن أصل الحياة؟ مِنْ أحسن الأماكن التى يمكن البدء بها هو أن نسأل أين بدأت الحياة ذاتها. فإذا ما اكتشفنا المكان الذى بدأت فيه الحياة فربما نكون قادرين على تخمين الظروف الفيزيائية التى صاحبت البداية. وبعدها نشرع فى دراسة العمليات الكيميائية التى حدثت فى ظل تلك الظروف، وأن نبنى صورة للمرحلة قبل العضوية قطعة بعد قطعة.

الميكروبات والبحث عن جنة عدن:

عندما كنت شابًا يافعًا كنت مُجبرًا على الالتحاق بما يعرف بـ «مدارس الأحد» والذى كان يمثل لى نوعًا من التعذيب الذى كرهته. والذكرى الإيجابية

الوحيدة الباقية لى من هذه التجربة، هى تصفح كتاب مصور يصف حدائق عــدن **Garden of Eden**. وكانت الصورة الفاتنة التى تأخذ باللب تُعبِّر عن مساحة مــن الأرض منظمة حيث تظل الشمس مشرقة دومًا، والحيوانات المجلوبة تــزأر دون خوف، حيث إنهم جميعًا نباتيون. وكانت تمثل مفارقة قياس بينها وبين حى لنــدنى إنجليزى كئيب. ومن المحزن أن جنّة الكتاب المقدس تحولت لدىً إلــى أســطورة. ولم يزل هناك مكان، حيث عاشت فيه الكائنات الباكرة. نوع من «عدن» العلميــة. أين يقع هذا المكان؟

أنا أكتب هذا الفصل فى يوم ربيعى، فيه وابلٌ من المطر يسقط على تــلال «أدليد» **Adelaide**. أمطار الشتاء قد حولت المشهد الريفى إلى اللون الأخضر. إلى حيث أوجِّهْ بصرى أجد غطاءً عاليًا من الأشجار العملاقة فوق شجيرات صــغيرة وافرة وكثيفة، وثمة أشجار أصغر وحشائش تملأ المكان. وأيضًا ثمــة عــصافير تنقض من الأعالى وتتوهج ألوانها الزاهية وهى تتنقل عبر أفنان الــشجر وتختفــى تحت أوراق الشجر المتــساقطة علــى الأرض، الثعــابين والــسحالى والعناكــب والحشرات. وهناك أيضًا أرانب وبوسمات **possums** (الحيوان المتماوت) وفئــران وقنافذ النمــل **echidnas**، وأيــضًا الحيوانــات مثــل الكــاولا **Koal** والكــانجرو **Kangaroo**. حتى فى هذا الريف الجاف تبدو الحياة رائعة ومليئة بالحيوية.

التنوع المحض فى الأشياء الحية قد بعث السرور عند الناس علــى مــدى آلاف السنين، ولكنها أصبحت محل مقارنة بعد اختراع المايكروسكوب، حيث تــم كشف التقسيم الحقيقى فى الحياة على الأرض. حتى بالنسبة للطبيعيين المندهــشين للثراء البيولوجى فى غابة مطيرة أو من حيّد صخرى من المرجان. تظــل هنــاك وفرة قابعة غير مرئية حولهم. وهو مجال الكائنات العضوية المجهرية، الكائنــات وحيدة الخلية ذات الحجم الذرى والتى تسكن تقريبًا، كل ركن أو زاوية متاحــة أو أى صدع أو شق على هذا الكوكب. والتى طويلاً ما تم استبعادها كمجرد جــراثيم فقد أصبح معروفًا الآن أن الميكروبات تسيطر وتحكم شجرة الحيــاة. ويمكنــك أن

تذهب إلى حديقتك الخلفية كما يقول جون هولت **John Holt** من جامعة ولاية ميتشجان(٥)، ولو فعلاً ركزت عليها عقليًا، فسوف تعثر على آلاف الأنواع الجديدة في وقت ليس بالكثير. وثمة توقف هنا لإبداء تعليق يبدو شديد المبالغة: يشتمل ملء ملعقة من التربة الجيدة على نحو عشرة تريليونات من الباكتيريا، والتي تمثل عشرة آلاف نوع مختلف! وعلى الجملة فإن كتلة الكائنات الماكروية على الأرض يمكن أن تكون كبيرة، لدرجة أن وزنها يبلغ مائة تريليون طن، أكثر من وزن كل الحياة المنظورة على الأرض لو تم تجميعها معًا.

ويجب أن تكون متأكدًا، أن التأثيرات الفيزيائية التي تسببت فيها الكائنات العضوية الماكروية هي عادة تأثيرات منظورة: عبر الأمراض الناجمة عن التلوث، ومن خلال تخمر الكحول، وانحلال أو تفسخ الطعام، وتلك مجرد أمثلة. وحتى مع ذلك، فإنها دومًا ما يُستخف بها أو يُبخس قدرها بمعرفة البشر، ربما لأنها صغيرة جدًا عنا. ويعتقد «ستيفن جاي جولد» **Stephen Jay Gould** أن علينا أن نخفف من هذه الشوفينية **Chauvinism**، بأن نطلق على العصر الحالي: «عصر الباكتيريا» بحيث يشتمل تعداد هذه الكائنات الرفيعة القوام حقيقية على ما يفوق، بل يكاد يسحق كل تعداد النسمات والأنواع الأخرى(٦). وبالمقارنة فإن الكائنات العضوية المعروف بأنها أعلى مستوى، مثل البشر والكلاب وزهور الربيع، تشغل مجرد أفرع بعيدة عن مركز شجرة الحياة.

والحجم ليس وحده السبب في أننا لا نُلقي نظرة فاحصة على الميكروبات. وإنما لأنه ليس سهلاً زرعها في المعامل، بينما هناك الكثير منها في البراري، ولكن في حالة قصور ذاتي، وليس على الأسطح الخارجية لتلك البراري، وأيضًا فإن كثيرًا من أنواع الباكتيريا المختلفة تبدو وكأنها متطابقة على نحو مخادع، وليس قبل مؤخرًا أن استطاع علماء الميكروبولوجيا أن يمسكوا بها في مجموعات كطريقة لتصنيفهم. والآن مع التقنيات القوية في عالم الجزيئات وتعاقبها، فإن اختلاف الأرومة قد تم الكشف عنه: والباكتيريا التي تبدو متشابهة تحت المجهر، ربما تتحول للمشاركة مع أرومات قليلة بأكثر مما تفعل مع الإنسان.

وقد أشار جولد بوضوح إلى أن عصر الباكتيريا، عصر دائـم، لأن معظـم دورات الحياة التى وجدت فوق الأرض لم يكن فيها إلا الميكروبات. هذا التصريح المتسم بالرزانة، يمثل فرصة رغم هذه السمة. لأن بداية الحياة بالميكروبات يتـيح لنا توقع العثور على مفاتيح مهمة عن أصل الحياة بدراسة الأمثلـة الحيـة منهـا. والأمل فى أن البعض منها سوف يحتوى على رفات باقية فيه من الماضى البعيـد فى شكل تكوين غير عادى. وآثار من العمليات البيوكيماوية، ربما تكون باقية عبر سمات فائضة، المعادل الميكروبى للزائدة الدودية البشرية. وحتى إنه من الممكـن أن تكون الميكروبات الحية حاملة جزيئات فائضة من العالم قبل البيولوجى.

وبوضع قطع أو شرائح المعلومات من الميكروبـات الحيـة مـع بعـضها البعض، فمن الممكن أن تظهر لنا كيف كانت تشبه الكائنات الحية من أسلافنا، وأن نخمن أين وكيف كانت تعيش. ولسوء الحظ أنك لا تستطيع بمجرد النظر أن تـرى كيف كان تاريخ تطور الكائنات الحية الماكروية. إذ إن لها سمات تشريحية قليلـة يمكن تصنيفها من خلالها. لا أذرع ولا سيقان، لا خياشيم ولا رئات، لا عيـون أو آذان يمكن أن تعرض نفسها علينا لعقد المقارنات، وكما سأشرح فيما بعـد الـدليل الذى يربط بين الميكروبات وأسلافهم القدامى، والذى يكمن بقوة فى تركيبها الجينى البيوكيماوى، والطرق الأيضية التى تستخدمها. ولحسن الحظ فإن تقنيات البيولوجيا الجزيئية الحديثة تسمح بالفحص الدقيق لمثل هذا الدليل. مثل نفايات فى كتاب شـبه منسى من لفائف الورق، فإن هذا الاختبار لهذا الدليل الجزئى قد تم محـوه جزئيًـا بسبب عوامل التعرية أو التلف الذى يحدثه تعاقب الزمن، ولكنه يقدم لنـا لمحـات مغرية عن تطور وقع فى الماضى الممتد لما يقرب من أربعة بلايين من السنين.

وبوجود المعرفة بأن هناك العديد من أنواع الميكروبـات، فـأين يجـب أن يتركز بحثنا عن المفاتيح الجزيئية؟ اليوم فإن ثمة باكتيريا مفعمة بالحيوية أو ناشطة ومركبة من تأليف من التمثيل الضوئى **photosynthesizing**، وهذه هى التى يجب أن نلحظها، ولكن منذ أكثر من بليونين من السنين، لم يكن ثمة أكسجين، وإنما كان

موجودًا بدرجة قليلة على الأرض ومع ذلك ازدهرت الميكروبات في شكل تنوع سكاني، مُخمِّرة الكحول ومُنتجة للميثان **methane**، ومقللة من الكبريتات **sulphate**. هذا وقد احتفظت بعض الميكروبات على مستوى معيشتها القديم حتى اليوم. وهذه بالذات هي أكثرها إمكانية لتقديم مفاتيح للأشكال القديمة للحياة. والتي تقترح فكرة مخادعة أو مضللة، افترض أنه باقية للآن كوة أو بيئة ما مظلمة، مكان غريب دخيل بحيث تتشابه شروطه مع كويكب واحد من آلاف الأجرام السيارة، التي تجرى بين المريخ والمشترى، والذى يقذف بالحمم باستمرار، والمغطى بالغازات والذى يغلى كجهنم – ذاك هو كوكب الأرض فى حالته البدائية؟ وإذا نظرنا بعناية، فربما نعثر على رفاة كائنات عضوية كانت تعيش هناك، ميكروبات ربما تغيرت قليلاً منذ فجر بزوغ الحياة.

هل هذا ممكن؟ هل يمكن وجود مكان كهذا؟ الإجابة هي نعم هذا ممكن، ونعم يوجد مكان كهذا، وموقعه يثير الدهشة بقدر ما هو مظلم. هناك فى أعماق البحر البعيدة، على الأرضية المظلمة للمحيطات، بعض الأماكن، حيث تتمدد قشرة الأرض وتتمزق، مدفوعة بتأثير القوى الحرارية فى العمق البعيد للأرض. والطبقة الصخرية لقاع البحر تتحول باستمرار من مكان لمكان، وتجهد نفسها عبر تمزقها، محدثة صدوعًا وشقوقًا. وهنا وهناك فى وسط المحيط سلسلة جبال وتلال مكونة، أو تكون موضعًا للصخور المنصهرة المدفوعة للمياه المتجمدة فوقها والحمم المترسبة فى قعر المحيط، تنكمش وتطقطق أثناء تصدعها فى حال تعرضها للبرودة، منشئة ما يشبه النسيج الخلوى من الصدوع والأنفاق التى تمر عبرها المياه بتأثير تيارات الحمل الحرارى مذيبة المعادن فى هذه العملية. وعند هذه الفتحات «تتقيأ» الأرض من ذلك الحين وبعده تيار من السائل اللافح، «مُتبّل» بالكيماويات بشكل حر، إن قسوة وضراوة هذا السائل اللافح فى مواجهته مع مياه البحر الباردة ينشئ مركزًا للجحيم الحرارى والكيماوى.

ويبدو مستحيلاً أن نتخيل أن ثمة أى شكل من أشكال الحياة، يمكن أن يحيا فى ظل هذه المشارطات الخشنة، التى يمكن اعتبارها من بقايا «الجحيم» Hades، أكثر منها بقايا الجَنّة أو «حدائق عدن» Garden of Eden. ولكن من المدهش، فإن هذه الفتحات البركانية فى المحيطات تمثل وطنًا لتنوع ثرى من الميكروبات بعضها يعتبر آثارًا من البيولوجيا القديمة. هنا فى ظلمة الأعماق البركانية يقيم أقرب النظم العضوية، التى نعرف أنها أول كائنات عاشت على الأرض. وفى الفصول القادمة، سوف أصف كيف كانت الاكتشافات المروعة لحشرات فائقة الحجم، تنمو تحت سطح البحر وتحت سطح الأرض، والتى غيرت تفكيرنا عن أصل الحياة وإمكانية الحياة فوق المريخ وفى أى مكان آخر.

ولكن مبدئيًا يجب أن أشرح القليل حول المبادئ الرئيسية للكيمياء الحيوية. وبصفة خاصة فيما يتعلق بقوانين الديناميكا الحرارية.

الهوامش

(١) المصادفة والضرورة Chance and Necessity لـ: جاك مونود Jacques Monod.

(trans. A, Wainhouse, Collins London 1972, p. 167).

(٢) الحياة ذاتها: طبيعتها وأصلها Life itself: Its Nature and Origin لـ: فرانسيس كريك Francis Crick.

(Simon & Schuster, New York 1981, p. 88).

(٣) يورو: يورو Yorro Yorro لـ: دافيد موالجارلاى وجوتا مالنك David Mowaljarlai and Jutta Malnic

(Magabala Books, Broome, Western Australia 1993, Chapter 23).

(٤) نظرية السلالة العامة Common descent كانت قد اقترحها بالفعل جد تشارلز دارون إراسموس دارون Erasmus Darwin فى علم الحيوان أو قوانين الحياة العضوية.

(London 1794) Zoonamia or the Law of Organic Life.

(٥) العلماء الجدد New Scientist (10 Februry 1996, p. 26).

(٦) جلال الحياة Life's Grandeur لـ: ستيفن جاى جولد Stephen Jay Gould.

(Jonathan Cape, Lodnon 1996, Chapter 14) وسأعود إلى هذا الموضوع فى الفصل العاشر.

الفصل الثانى

عكس اتجاه المــــد

«عندما نرحل نترك خلفنا آثار أقدام فى رمال الزمن»

هـــ. دبليو. لونجفيلو[1].

H.W. Longfellow

فى أيام طفولتى، كانت رحلاتى لشاطئ البحر تمثــل لــى مناسـبات لهــا وزنها. وأكثر ذكرياتى الحية عن هذه الرحلات إلــى جانــب نباتــات وطحالــب البحر وأسماك «الجيلى فــش» وســاعات الغــروب والــشروق فــوق المحــيط. أذكر جيدًا دهشتى الصادمة من مــشاهدتى لعــدة ثقــوب صــغيرة (حفــر) فــى الرمال الناعمة للشاطئ يتركها المد وراءه بعد تراجعــه. وهــذه الحفــر مزينــة بركام من الرمل يلتف حولها فى شكل «نقانق» (ســجق) رفيــع تتفــرد حوافــه للخارج من استدارته تدريجيًا إلــى أن يتــساوى مــع الــسطح، أشــبه بمعجــون الأسنان، عندما تضغط على الأنبوبة ليخرج إلــى الفرشــاة. وكــان مــا عجبــت له هو سبب هذه التشكلات المميــزة الغريبــة؟ لــم أشــهد واحــدًا منهــا خــلال عملية نشوئه، ودائمًا ما يتم محوها بالمياه أثناء عــودة المــد تمامًــا مثــل آثــار أقدامى فى الرمل بذات الموقع.

أعلــم الآن أن هــذه الفجــوات وحوافهــا مــن الرمــل المتــراكم شــبيه «السجق»، هى من صنع ديدان صــغيرة رفيعــة والتــى تحفــر تحــت الــسطح طاردة الفضلات من الرمل المحفــور إلــى خــارج الحفــرة، ولكننــى مازلــت مرتبكا إزاء كيفية تشكيلها تلك الحواف حــول الحفــر. دع عنــك ذلــك فــالأهم

أننى تشككت – حتى فى هذه السن الصغيرة – حول أن تكون هذه الكائنات الحية الصغيرة هى المسئولة عن ذلك، وثمة نماذج عديدة فى الطبيعة لم تظهر لها أنشطة مثل أنشطة الكائنات الحية. بالطبع فعلى نفس الرمل الذى شاهدت فيه الحفر وحوافها، توجد صفوف مستقيمة من ارتفاعات ناتئة، صنعتها أمواج البحر المترقرقة على الرمال فى مجيئها إليه وغدوها عنه، ولكن يظل خط المعجون على فرشة الأسنان شيئًا مُخترعًا أو نوعًا من إيجاد حيلة للأمر سواء بالنسبة للمعجون أو الفرشاة، بل هما أكثر من ذلك، معقدان للغاية بالنسبة لعمل يصدر عن قوى غير حية وعمياء. فإن تدفق الموج يحطم ويزيل تلك الحواف الصغيرة، كما لم أعتقد أن الأمواج هى التى تنشئها.

واحدة من الطرق الرئيسية التى تميز بها الحياة ذاتها عن بقية الطبيعة، تتمثل فى قابليتها الملحوظة فى أن تمضى «ضد اتجاه المد» (المثال السابق يعد حرفيًا فى هذه الحالة) وفى صنع النظام من الفوضى. وفى المقابل تتباين الأشياء غير الحيّة فى أنها تنتج اللا نظام. وفى الواقع فإن ثمة قانونًا رئيسيًا هو الذى يعمل فى هذه الحالة، يسمى القانون الثانى للديناميكا الحرارية. ولفهم كيف بدأت الحياة، فإننا نحتاج فى البداية إلى: كيف تتوافق الحياة مع هوى أو محددات هذا القانون.

مبدأ الفساد أو التفسّخ:

أشرت فى الفصل السابق إلى أن الخلايا الحية تشبه من بعض الجوانب الآلة الصغيرة. كل الآلات تحتاج لكى تعمل إلى وقود. الحيوانات تأكل من أجل الوقود، بينما تعتمد النباتات فى وقودها، بهذا المعنى، إلى قوى الشمس. ومما لا يمكن تجنبه أو الإفلات منه كنتيجة ثانوية لذلك، هو استهلاك هذا الوقود فى شكل حرارة.

وهذا مألوف جدًّا بالنسبة لأجسادنا، فالكائنات الحية تظل دافئة، بسبب الحرارة المفقودة أو المبددة من عملية استهلاك الغذاء (الوقود)، والحرارة هذه شكل من أشكال الطاقة ويمكنها أن تقود التغيّرات الفيزيائية والكيميائية، وفى القرن التاسع عشر كان العلماء والمهندسون حريصين على فهم العلاقة المتبادلة بين الحرارة والشكل وبعض التفاعلات الكيماوية، مما ساعدهم على تصميم آلات بخارية أكثر كفاءة، ومزايا أخرى. ونتيجة واحدة من هذه البحوث كانت اكتشاف قوانين الديناميكا الحرارية. ومن بينها القانون الثانى، وصلته الوثيقة بطبيعة الحياة.

ومن ناحية الجوهر فإن هذا القانون يمنع إنشاء آلة مثالية بمعنى أن أداءها له صفة الدوام. وهو يقول لنا إن كل العمليات الفيزيائية الكبيرة تقل عن مائة فى المائة بالنسبة لكفاءتها. هناك فاقد لا يمكن تجنبه وانحلال أو فساد. ولننظر إلى آلة بخارية على سبيل المثال، فإنها لا تستفيد من كل الطاقة المحررة من الفحم المحترق، كثير من الحرارة الخارجة من الغلاّية ينتشر متفرقًا، بلا فائدة فى البيئة المحيطة، جزء من طاقة الحركة يتم فقده نتيجة احتكاك الأجزاء المتحركة من الآلة. إن أحسن وسيلة لتحديد سمات هذا الفقد بمصطلحات «النظام» و «اللا نظام» أو الطاقة «النافعة» و«غير النافعة». حركة الآلة البخارية فى اتجاهها على الخط المطلوب منها، يعتبر طاقة «نافعة» أو «مفيدة»، بينما الحرارة المفقودة والمتشعبة فى الأرجاء هى من قبيل «اللا نظام» والطاقة «غير النافعة». والحرارة كطاقة اللا نظام ترجع إلى الحركة المشتتة أو المنتشرة بلا نظام للجزيئات، إنها غير مفيدة بسبب فوضى توزيعها، والقانون الثانى ذلك يقول بأن هذا الفقد لا يمكن تجنبه ولا يمكن إلغاؤه أو تغيير اتجاهه من «النظام» إلى الشكل «اللا نظامى» للطاقة ومن دون المد بالوقود، أو الطاقة المفيدة لأن الآلة المتحركة سرعان ما تلهث وتزفر الزفرة الأخيرة، ثم التوقف التام.

والقانون الثانى للديناميكا الحرارية ليس مختصًا فقط بالهندسة. إنه قانون تأسيسى فى الطبيعة ولا مهرب منه. وقد أكد الفلكى الإنجليزى سير أرثر إدينجتون

Sir Arthur Eddington أنه يحتل المرتبة العليا بين قوانين الطبيعة، حيث كتب[٢] فى إحدى المرات: «إذا ما كانت نظريتك تتضاد مع القانون الثانى للديناميكا الحرارية، فلن أستطيع أن أعطيك أى أمل، فلا شىء أمام هذه النظرية سوى التداعى والانهيار فى خزى عميق». ومن السهل أن تعثر فى حياة كل يوم على أمثلة لتطبيقات القانون أثناء عمله، حالات يستسلم فيها «النظام» للفوضى. تحطم وزوال حواف الحفر وآثار أقدامى فى الرمال الذى أشرت إليهما فى صدر هذا الفصل. وفكر فى «رجل الثلج» الذائب أو إلى البيضة بعد تكسيرها. وكل هذه العمليات تنتج عنها حالات من «اللا نظام» للمادة من حالات خاضعة لـ «النظام» نسبيًا. كما أن هذه التغيّرات لا يتسنى إحداث اتجاه عكسى لها، فلن تشاهد مدًّا ينشئ آثار أقدام، أو أشعة شمس تنشئ «رجل ثلج»، وحتى أحصنة الملك ورجاله، لا يستطيعون إيقاف حالة الهرج والمرج السائدة فى المعارك.

هذا ويقيس الفيزيائيون الفاقد من الطاقة النافعة بشكل كمى من خلال مصطلح «أنطروبيا» (*) "entropy" الذى، وبطريقة مبسطة، يتطابق مع درجة «الفوضوية» الموجودة فى نظام ما. حينما تحدث عملية فيزيائية مثل حركة المكبس داخل (الأسطوانة) فى آلة بخارية، فمن السهل حساب كم الأنطروبيا الناتج عن العملية، وعندما نكون مسلحين بمفهوم الأنطروبيا.

لماذا هذا التحول من «النظام» إلى «اللا نظام»؟ التوزيع غير المتعادل للحرارة فى البداية يمكن النظر إليه كحالة من نظام متزايد، ما دامت الأنطروبيا المنخفضة تظل أقل من الحالة النهائية لها، فإن الطاقة تتوزع بشكل فوضوى بين أكبر عدد من الجزيئات. وفى هذا المثال فإن القانون الثانى للديناميكا الحرارية يتطلب أن تتدفق الحرارة من الساخن للبارد، ولا يمكن أن تكون فى اتجاه عكسى أى من البارد إلى الساخن.

(*) عبارة عن عامل رياضى لقياس الطاقة غير المستفاد منها من نظام دينامى حرارى مغلق (المترجم).

وعند توظيف أو تطبيق قوانين الديناميكا الحرارية على نظام عضوى حى، فيبدو أن ثمة مشكلة. لأن واحدًا من أهم مزايا أو خصائص الحياة هو الدرجة العالية للنظام فيها، ولذا فحين ينمو أو يتطور هذا النظام أو يعاد إنتاجه أو نسخه فإن النظام يزداد. وهذا يتعارض مع القانون الثانى وما يدعيه. ومثال ذلك نمو الجنين، وتشكل جزيئات الدنا، وظهور نوع جديد، والتعاون المتزايد فى المجال العضوى الإحيائى ككل، كل هذه أمثلة على تزايد «النظام». وتناقص الأنطروبيا.

وقد تحير العديد من العلماء المشهورين إزاء هذا التناقض. حتى العالم الفيزيائى الألمانى «هيرمان فون هيلمهولتز» **"Hermann von Helmholtz"** نفسه، وهو أحد مؤسسى علم الديناميكا الحرارية، كان واحدًا من بين أوائل من اقترحوا أن الحياة إلى حد ما تطوق أو تحتال على القانون الثانى[٣]. وكذلك أدرك إدينجتون أن ثمة تناقضًا بين التطور الداروينى والديناميكا الحرارية، واقترح إما هجر هذا الأخير، أو إنشاء مبدأ للا تطور إلى جواره[٤]. وحتى شرودنجر كانت لديه شكوكه. ففى كتابه: «ما هى الحياة؟» قام باختبار وفحص العلاقة بين النظام واللا نظام فى الديناميكا الحرارية المصطلح أو المتفق عليها، مقارنة مع المبدأ الموروث فى الحياة والخاص بمزيد من النظام. حيث لاحظ أن الكائن الحى يتجنب التفسخ أو الانحلال ويبقى على «النظام» من خلال ما عبر عنه بـ «شرب النظام» عبر بيئته. وظن بذلك أن القانون الثانى لا ينطبق على المادة الحية حيث كتب[٥]: «يجب أن نكون مستعدين للعثور على طراز جديد من هذا القانون الفيزيائى يتغلب عليه».

وهكذا هل ثمة مشكلة فى القانون الثانى للديناميكا الحرارية عندما يتعلق الأمر بالنظم البيولوجية؟ لا، ليست هناك مشكلة. ليس هناك تناقض بين الحياة وقوانين الديناميكا الحرارية. ولكى ترى أنه لا توجد مشكلة، خذ فى اعتبارك أولاً حالة مبرّد متواضع **refrigerator** المصمم خصيصًا، لكى يزيح الحرارة عن البرودة (داخل المبرد). وإطلاقها إلى ما هو ساخن (حجرة المطبخ نفسها). ولقد

قررت سلفاً أن المتطلب من الحرارة أن تتدفق من الحار للبارد. ولكن هناك شرطاً مهمًا. أن القانون الثانى ذلك. وبحالته التى يحدثنا عنها لا ينطبق إلا علــى الــنظم المغلقة. والمبرّد ليس كذلك. ولكى تجبر الحرارة لأن تتدفق فى الاتجاه العكسى أو الاتجاه الخطأ فعلى المبرّد أن يقوم ببعض العمل. وهــذا يتطلــب بعــض الوقــود وموتورًا ليقوداه. الموتور يستهلك الطاقة (دون أى انعكاس فى الاتجاه)، وهذا يرفع من معدلات الأنطروبيا فى المطبخ، وعندما تحسب الكميات سوف تجــد، وبــشكل مؤكد كفايةً، أن معدل الأنطروبيا داخل المبرد يقل، بينما يرتفع معدلها فى المطــبخ وحتى بدرجة أكبر من معدل انخفاضه (موتور المبرد تزداد درجة حرارته سخونة أثناء عمله). هذا وما نجنيه من الأشياء المتأرجحة يكون أكثر مما نجنيه من الطرق غير المباشرة. وهكذا من حيث التوازن، فإن مبردًا عاملاً (فى حالة شــغل) يرفــع معدل الأنطروبيا فى الكون بدرجة قليلة جدًا لا تكاد تذكر. ويصدق هذا على جميع العمليات بما فيها الحياة ذاتها، فيما يبدو أنه إنشاء للنظــام مــن داخــل الفوضــى **Chaos**. إنها يمكن أن تصنع «النظام» فى موضع ما، ولكنها سوف تصنع «الــلا نظام» فى مواضع أخرى كثمن له.

وليس من الصعب تعقب أين يظهر اللا نظام فى النظم البيولوجية. انظر إلى أنه لكى ينمو كائن حى، فهو يحتاج إلى طاقة أو وقود، والطعام يحتوى على طاقة نافعة، والتى يتشظى بعض منها لحرارة «فاقد» أو «فاسد» خلال عملية التــنفس، إنها الحرارة التى تحفظنا فى حالة دفــء، وإلى هذا الحد فهى نافعة أيضًا، ولكن ما لا يمكن اجتنابه أن بعضًا منها يتدفق بعيدًا فى الهواء المحيط بنا، وهو مــا يعتبــر «فاقدًا». وهكذا فإن «حرق» الغذاء داخل أجسادنا يولد معدلات أنطروبيا أكثر من كافية لدفع مقابل النظام الإضافى المتمثل فى إنتاج خلايا جديدة. والقصة مع النبات مشابهة تمامًا. النباتات تنمو باصطياد الطاقة الشمسية، ولكن تحويل الــضوء مــن الشمس الساخنة للأرض الباردة يؤدى إلى تزايد فى معدل الأنطروبيا بأكثر مما هو مقابل لزيادة النظام عبر إنتاج الخلايا الجديدة.

القانون الثانى عند تطبيقه على التطور الإحيائى عند ظهور أنواع جديدة فهذا يعنى مزيدًا من «النظام»، ولكن نظرية دارون عرفت الثمن المدفوع لتحقيق ذلك. إن ظهور أنواع جديدة يتطلب العديد من التغيرات بحيث يتسنى لنا وضع **القانون الثانى** كما يلى: **الأنطروبيا الكليّة فى نظام مغلق لا تتناقص، أو لا تزيد بشكل لا محدود. سوف تكون هناك حالة للأنطروبيا تصل فيها إلى حدها الأقصى والتى ويبلغ عندها «اللا نظام» أقصاه، وهى التى يشار إليها بـ «الاتزان الديناميكى الحرارى»** وبمجرد أن يصل إليها هذا النظام فإنه يظل متقيدًا بها، لا يتجاوزها.

ولكى تتضح هذه المبادئ أكثر، دعنى أضفى عليها مزيدًا من الضوء، من خلال مثال بسيط يتعلق باتجاه تدفق الحرارة. إذا ما وضع جسم ساخن فى تماس مع جسم بارد، فإن الحرارة تنتقل من الساخن إلى البارد. وأخيرًا يصل كلاهما إلى ما يعرف بالاتزان الديناميكى الحرارى. ولتطوير أى أنواع أخرى يتطلب الأمر تحولات أو تغيرات عديدة، أغلبها أو القدر الأكبر منها ضار، وتتعرض للإقصاء عبر «منخل» الاختيار الطبيعى. لأن أى بقاء ناجح لمتغيّر ما، يكون على حساب آلاف من حالات الموت. والأشلاء الناجمة عن هذه المجزرة الطبيعية (الاختيار)، تقدر بزيادة ضخمة فى الأنطروبيا، والتى لا يمكن تعويضها بما جنيناه من «التغير» أو «التحول الناجح»(٦).

خلاصة القول: إن النظام الإحيائى يذعن بالكامل للقانون الثانى للديناميكا الحرارية وما دامت تستطيع البيئة أن تمدنا بطاقة نافعة، فإن النظام العضوى سيستمر، بسعادة، فى إنقاص معدلات الأنطروبيا وزيادة النظام فى جواره المحلى. لكنه فى الوقت نفسه يساهم فى التزايد الوحشى، للأنطروبيا فى الكون ككل. هذا الثبات بما يشبه الخط المستقيم لمشكلة الديناميكا الحرارية مع الحياة، سبق أن عرّفه منذ زمن طويل واحد آخر من مؤسسى نظرية الديناميكا الحرارية، هو الفيزيائى النمساوى لودفيج بولتزمان **Ludwig Boltzmann**(٧): «وهكذا فإن الصراع العام من

أجل الحياة ليس معركة من أجل المادة الأساسية... ولا من أجل الطاقة... إنما من أجل أن يصبح إنتاج الأنطروبيا ممكنًا من خلال تحول الشمس الساخنة إلى الأرض الباردة».

ومع ذلك يجب أن نأخذ حذرنا هنا من أن نسقط فى شَرَك. لأن الحياة، وهى لصيقة بالقانون الثانى للديناميكا الحرارية، لا يعنى أنَّ هذا القانون الثانى يشرح الحياة، هو بالتأكيد لا يفعل ذلك وللأسف فإن كثيرًا من العلماء استسلموا لهذه المخادعة. وما زال علينا أن نتمثل كيف أن التغيير فى معدلات الأنطروبيا مع البيئة يجلب هذا النوع المعين من النظام الماثل من النظام العضوى الحيوى. وليس مجرد تخصيص مصدر للطاقة النافعة، سيشرح لنا بذاته كيف تتم عمليات «النظام» هذه. ولكى نفعل ذلك، يحتاج المرء لتعريف الآلية الفعلية التى ستضاعف المخزون القديم للطاقة المتاحة لتتناسب مع العمليات البيولوجية. هذا الجزء من القصة، يشبه القول بأن وظيفة المبرد قد تم شرحها بمجرد عثورنا على مقبس (بريزة).

ولأنها تتطابق مع حالة التوازن، فإن أقصى معدل للأنطروبيا يكون مستقرًا. وعلى سبيل الحديث، فإن حالة عدم الاتزان الحرارى تكون غير مستقرة، والعمليات الطبيعية ترغب فى أن تدفع معدل الأنطروبيا إلى أقصاه. ومع ذلك فإن الواقع تكون فيه عدة حواجز تمنع القانون الثانى من أن يمضى فى طريقه، وعلى سبيل المثال فإن بخار البترول مع الهواء لا يمثلان خليطًا لحالة أقصى أنطروبيا. سيرغب كل غاز منهما فى أن يتفاعل لتشكيل عنصر أكثر ثباتًا، وأن يحرر الحرارة، وبالتالى يزيد من الأنطروبيا. وفى ظل الشروط العادية، فإن هذا التفاعل يكون مخادعًا لأن الحاجز الكيميائى يمنع من حدوثها بطريقة عفوية، الأمر يحتاج لومضة لقدح زناد التفاعل أو رد الفعل. الحالات التى تمثل استقرارا هشًا من هذا النوع يصطلح على تسميتها «شبه استقرار» **"metastable"** أو قل «ماوراء الاستقرار». وخليط بخار البترول والهواء هو واحد من أمثلة «ما وراء الاستقرار»، ومثال آخر: قلم يقف على نهايته المسطحة. إنه يحتاج إلى جهد ولو

قليلاً، لجعله متداعيًا للسقوط. وذلك بالمقارنة مع قلم يقوم على سنه المدبب، والذى يكون فى هذه الحالة غير مستقر بالكامل.

مفهوم «ما وراء الاستقرار» يمثل بالكلية وضعًا محرجًا لنجاح عملية الحياة. لأن الكائنات الحية تحصل على الطاقة النافعة من ردود الفعل الكيميائية، ولكنها لا تستطيع أن تفعل ذلك إذا ما كانت العمليات غير العضوية - قد طوّقت مجال العملية وبددت الطاقة فى البداية أى قبل حصولها هى عليها. وهكذا فإن الحياة دائمًا تسعى لمصادرة «ما وراء الاستقرار» للطاقة النافعة لكى تستغلها فى أن تُظهر نفسها. الحيوانات تستنبط طاقتها بحرق مواد عضوية، مستفيدة من نفس حالة «ما وراء الاستقرار» الأساسية، مثل خليط غاز البترول - الهواء. وكما سنرى أن بعض الميكروبات تقتلع الطاقة بسعيها وراء طرق كيميائية قد لا يصل إليها تفكير الكيميائيين.

ولكشف السرّ عن مصادر ما وراء الاستقرار فإن على الكائنات العضوية أن تجتاز الحواجز النشطة التى تحول دون تحرير اللا عضويات للطاقة. وهى تفعل ذلك من خلال استراتيجيات ماهرة مثل استخدام الإنزيمات **enzymes**، التى تحفز ردود الفعل وإلاَّ لَجَرَتْ فى بطءٍ بالغ. وحيلة أخرى تتمثل فى أنها توظف جزيئات تقوم بدور الشاحن لتكون معادلة للشرارة التى تجعل البترول يشتعل. ولأن ردود الفعل الكيميائية تجرى بمستويات مختلفة فى ظل الظروف المختلفة، فإن الكائنات الحية تستطيع التحكم فى تحرير الطاقة بإعطاء دفعات قليلة منها عند الاحتياج إليها وفى وقتها تمامًا. وهذه الحقيقة هى التى تجعل من الكيمياء أساسًا مثاليًا للبيولوجيا، ولكن من حيث المبدأ، فإن الحياة تستطيع توظيف استخدام أى مصدر للطاقة، له صفة «ما وراء الاستقرار». وكُتّاب الخيال العلمى فحصوا الحياة القائمة على بلازما متأينة **ionized plasma** أو على عمليات ذرية. فى حين أن ذلك ممكن نظريًا، فإن التنوع المحض وتعدد جوانب ردود الفعل أو التفاعلات الكيميائية يجب أن تجعل الحياة كيميائية الطابع كأفضل فرصة رهان.

من أين تجىء المعرفة البيولوجية؟

معارك الحرب الحديثة تعتمد بشدة على المعلومات الموثوقة. التـــى طالمـــا لعبت دورًا حاسمًا فى قيادة الجيوش والسيطرة على المعارك عبر خطوط الهـــاتف ووصلات الراديو. ومع ذلك فإن قناتى الاتصال هاتين يعدان موضـــوعًا لتـــداخل الإشارات، كما يعرف كل من يحاول نقل تعليمات على تليفون محمول خارج نطاق الخدمة، وخلال الحرب العالمية الثانية عمدت الولايات المتحـــدة الأمريكيـــة إلـــى إجراء دراسة من خلال القوات المسلحة حول مبادئ الاتصالات، قادهـــا الباحـــث «كلود شانون» "Cloude Shannon"، الذى كان يعمل فى معامل تليفون بل " Bell Telephone Laboratories". وقد نشرت نتائج تحليلاته عام ١٩٤٩ تحت عنوان: «النظريـــــة الرياضــــية للاتـــــصالات» The Mathematical Theory of Communication، وسرعان ما أصبح الكتاب من ضمن الكلاسيكيات[٨].

نظرية شانون تمحورت على الصلة المباشرة بين المعلومات والأنطروبيـــا. تخيل حديثك مع صديق لك عبر هاتف «يهسهس»، أو كما نقول به «وش» لـــسنا بحاجة للقول بأن الضوضاء فى خلفية المحادثة لن يضيف أبدًا أى شىء للمحادثـــة. ولكن كانت بصيرة شانون الكبرى فى تركيز الضوء على أن هذه الضوضاء هـــى شكل من أشكال «اللا نظام» أو «الأنطروبيا». وبالمقارنة: فإن إشارة تمثل النظام: قارن النقاط المعدة بعناية والخطوط الصغيرة فى الكتابة (الشرطة –) فـــى شـــفرة مورس Morse وبين طقطقة صادرة عن راديو مثبـــت فـــى موضـــعه. وتُعامـــل المعلومات فى نظرية شانون كمضاد أو عكس الأنطروبيا لأن المعلومات أحيانًا ما تشير إلى أنطروبيا سالبة. عندما تُفقد المعلومات فى قناة اتصال مفعمة بالتـــشويش، تنهض الأنطروبيا. وهنا يصبح الأمر كمثال للقانون الثانى للـــديناميكا الحراريـــة، الذى على هذا النحو تتسم بصفة «كلِّيـــى الوجود».

وهكذا فإن تفسخ أو انحلال الإشارة يمكن النظر إليه بطريقتين متكـافئتين: كما لو أن الضوضاء قد غزت القناة أو أن المعلومات قد تسربت منها. هذا التشويه أو الانحراف الجديد للأنطروبيا يمكن أن ينطبق تمامًا على النظم الفيزيائية. القانون الثاني يمكن أن نفكر فيه إما إنه زيادة أو انتـشار للأنطروبيـا، وإمـا انحـراف معلومات غير مُرض فى النظام.

كانت لأفكار شانون تطبيقات واضحة على النظم العضوية الإحيائيـة، لأن المعلومات هى واحدة من مزاياها المُعرّفة. فالدنا تختزن المعلومات اللازمة لإنشاء الكائن العضوى وجعله يعمل. وثمة وجه واحد لغموض «النظام» البيولوجى يمكن أن يُعبَّر عنه من خلال هذا السؤال: من أين تأتى المعلومات البيولوجيـة؟ نظريـة الاتصالات - أو نظرية المعلومات كما تُعرف بهذا الاسـم حاليًّـا - تقـول بـأن الضوضاء تدمر المعلومات، وإن تلك هى العملية العكسية، إنشاء معلومـات مـن الضوضاء، والتى قد تبدو لنا كمعجزة. ظهور رسالة هكذا من نفسها مـن خـلال راديو ساكن أو خامد سوف تكون أمرًا مفاجئًا مثل أن يصنع المد آثار أقدام علـى الشاطئ الرملى، لقد عدنا إلى الوراء لنفس المعـضلة القديمـة: القـانون الثـانى للديناميكا الحرارية يصر على أن المعلومات لا تزدهر من خلال كونها عفويـة أو تلقائية بأكثر مما تستطيع الحرارة أن تتدفق من البارد إلى الساخن.

حل هذه المشكلة يمكن أن يكون مرة ثانية موجودًا فـى حقيقـة أن الكـائن العضوى ليس نظامًا مغلقًا ومحتوى معلومات خلية حية، يمكن أن تزدهـر إذا مـا تساقطت المعلومات المحيطة بها فى الجوار. وطريقة أخرى للتعبير عن ذلك وهى أن المعلومات تتدفق من البيئة إلى الكائن العضوى. وهذا هو بالضرورة ما عنـاه شرودنجر عندما قال إن الكائن العضوى يستمر فى الحياة بـشرب «النظـام». إن الحياة تتجنب التفسخ والانحلال من خلال القانون الثانى للديناميكا الحراريـة عبـر استيراد المعلومات أو الأنطروبيا السالبة من الأجواء المحيطة. وبذلك يكون مصدر معلومات الكائن العضوى هو البيئة المحيطة به.

كل من «الأيض» و«إعادة النسخ» مستنبطان من تدفق المعلومات من البيئة المحيطة إلى الكائن العضوى لأن الغذاء يحتوى على طاقة منظمة أو نافعة، وثراء فى المعلومات، فكر فى تعقيد الجزىء العضوى كنقرات صغيرة من شفرة مورس. حرارة الجسم هى طاقة فاقدة أو مُبدّدة – معلومات فقيرة – مثل خط تليفون به «وش» أو «هسيس». هكذا يدفع القانون الثانى الرسوم المفروضة عليه، ولكن مع ذلك ينمو الكائن العضوى بتركيز المعلومات مع نفسه وتصدير الأنطروبيا. وفى حالة إعادة الإنتاج، فإن محتوى معلومات الدنا تتغير بطريقة أكثر بطئًا عبر عديد من الأجيال كنتيجة للتغيرات الإحيائية العشوائية والتحولات أو التغيرات الإحيائية التى هى المعادل العضوى للضوضاء فى خط تليفونى والإشارة هى الدنا المصكوكة حديثًا. والتحولات الناجحة هى تلك التى تتكيف بشكل أكثر كفاءة مع بيئتها، ولذلك تقوم البيئة بإمدادنا بالمعلومات وبطريقة أكثر دقة تختار المعلومات التى تنتهى داخل الدنا. وهكذا تقوم البيئة بتغذية الرسالة الجينية (الوراثية) بالمعلومات عبر الاختيار الطبيعى(٩).

النظر إلى الصراع من أجل الوجود بمصطلحات المد والجزر فى المعلومات يطرح علينا سؤالاً غريبًا: هل التحولات الإحيائية من قبيل الأخبار الجيدة أو الأخبار السيئة؟ إذا كان النسخ الوراثى مخلصًا تمامًا، فإن الحياة لن يتسنى لها أبدًا التكيف مع الظروف المتغيرة، وبالتالى سيكون الانقراض هو القضاء المحتوم الذى لا يمكن تجنبه. ومن الناحية الأخرى، فإن الكثير من أخطاء إعادة النسخ ستتكرر لدرجة أن الرسالة الوراثية ستشحب، وفى النهاية تضيع. ولكى ينجح الأمر، فإن الأنواع تحتاج إلى أن تحفظ التوازن بين تحولات إحيائية عديدة وأخرى قليلة.

يمكننا أن نرى هذه «التوفيقية» وهى ماثلة خلال حيواتنا نحن. عندما كنت فى سن السابعة توفيت خالتى الكبرى بداء السل "**tuberculosis=TB**"، وكانت أول مرة أسمع ما كنا نخافه من الهزال التدريجى أو السل، وبالطبع كانت الأخيرة على

الأقل لفترة طويلة من الزمن وحتى فى بواكير خمسينيات القرن الماضـــى، كـــان الموت من هذا الداء العتيق قد أصبح نادرًا فى بريطانيا، وصار ينخفض بـسرعة فى معدلاته عبر العقود التالية حتى أصبح جـديرًا بالتغاضـــى عنـــه. واكتـشاف الإستبرتومايسين، كمضاد حيوى عام ١٩٤٣ والاسـتخدام اللاحـق للقـاح **BCG** استطاعا معًا أن يستبعدا السل كموضوع محل اهتمام صحى – حتى الآن. وفجـأة عاد السل إلى الأنباء كآخر شكل لمقاومة العقاقير متزامنًا مع ســلالة جديـدة مـن «السالمونيلا» "**Salmonella**" و«الجونورهوا» "**gonorrhoea**" (مرض مُعدٍ ينتقـل جنسيًا – السيلان) و«بنيميومونيا» "**Pneumonia**" و(التهاب جرثومى أو منـــاعى أو كيميائى حاد أو مزمن يصيب الرئتين)، وأصبح السل – معهـا – يهـدد بـأن يـكون مصدرًا خطرًا عـلى الصحة مرة أخرى. **ما الذى يحدث؟**

جزء من الإجابة يكمن فى الطريقة التى تستطيع بها الباكتيريا أن تتحـول. هذا متضافر مع قابليتها للتكاثر بأقصى سرعة، يـضمن تقريبًـا أن تظـل تبـرع مناوراتها إزاء أى دواء أو لقاح تدهمهم به علوم الطب والأدوية. وبـالرغم مـن السرعة التى يسير عليها البحث العلمى للعثور على مضاد حيوى جديد، فإن التغير الإحيائى الجرثومى يقفز خطوة أسبق.

هذا ويمثل الصراع بين الأطباء والباكتيريا نموذجًا للتطور الداروينى فى حالة العمل. ورغم أن حالة الأمراض الناجمة عن التلوث معقدة عبر عدة عوامل طبيـة، فربما يمكن اكتشاف مبدأ بسيط يتحدد تحت الخطوط المعروفة لعملية إعادة النـسخ. وكما شرحت سلفًا أن أخطاء المعلومات أثنـاء النقـل تـشبه حالـة الـضوضاء أو الأنطروبيا فى قناة اتصال. الضوضاء تتسبب فى تسرب المعلومات وهى هنا تعنـى المعلومات الوراثية. هذا التحلل فى الرسالة الوراثية يقابله الاختيار الطبيعى، والـذى يخدم كمصدر للمعلومات. إذا لم تستطع البيئة أن تمد أو تضع مرة ثانية فى الجينـوم **genome**، عبر الاختيار الطبيعى، قدرًا من المعلومات مساويًا للمعلومات المتـسربة، فإن الأخطاء سوف تتراكم فى النهاية لدرجة تختلط فيها عملية إعادة النـسخ نفـسها،

وتتوقف إعادة الإنتاج. هذه الحالة المأساوية التى هى مثال آخر لعمل القانون الثانى من الديناميكا الحرارية، أطلقوا عليها مصطلح «الخطأ المأساوى» "the error catastrophe" وكان الذى صاغ التعبير هو البيوكيميائى الألمانى «مانفرد إيجن» "Manfred Eigen".

هذا ويمكن تكميم (من كم) الأخطاء المأساوية عبر السؤال، كم عدد البِتّات bits من المعلومات فى الكائن العضوى؟ وكم منها يمكن أن يتسرب قبل أن تخضع هذه الذرية بذاتها أو المعينة فى الاستسلام للموت؟. وقد أعلن إيجن أنه كلما كبر عدد الجينات التى يمتلكها الكائن العضوى، صغر معدل الأخطاء. بحيث يتجنب «الخطأ المأساوى"، وذلك فى مقطع صغير من الأمر. وفى كلمات أخرى فإن النسخ غير المتقن يقتل النظام العضوى المعقد. والكائن العضوى ذو الرتبة العالية لديه حوالى ١٠٠,٠٠٠ جين[١٠]. قادرة على تخزين مائة مليون «بتة» معلومات أى منها يمكن أن يكون موضع خطأ، وفى تقدير موقف مبدئى إذا كان مستوى الخطأ هو واحد فى المائة مليون، فإن «الخطأ المأساوى» يمكن تجنبه. وبالمقارنة مع الباكتيريا التى لديها عدد أقل كثيرًا من الجينات، فإنها يمكن أن تتعرض للخطأ بنسبة أكبر. ويبدو أن الطبيعة لديها علم بقاعدة إيجن هذه، لأن الخلايا لدينا كبشر عملت على أن تنخفض بمستوى الأخطاء إلى واحد فى كل بليون، بينما بالنسبة للباكتيريا فإن المستوى أعلى بكثير – حوالى واحد فى كل مليون. ومن هنا تأتى مشاكل التحولات المقاومة للأدوية واللقاحات. وبالنسبة للفيروس، والذى لديه عدد أقل من الجينات فإن مستوى نسبة التحول الإحيائى يبقى أعلى بكثير. والدرجة القصوى لمستوى نسبة الخطأ بالنسبة للجنس البشرى تكون عادة دون مستوى «الخطأ المأساوى»، وهو ما يمثل حالة توفيقية بين الثبات أو الاستقرار والمرونة.

و«الخطأ المأساوى» يمثل حالة حرجة ومهمة بالنسبة لمشكلة النشوء الإحيائى من حياة أسبق. بالنسبة للنظم العضوية الحديثة، ثمة آلية لتصحيح مميز للطبعة وإصلاح للخطأ، يتم توظيفها لحفظ المستوى المنخفض للأخطاء. حيث

تستطيع الخلايا أن تكتسى برداء من الإنزيمات، ظهر عبر بلايين السنين، لتنقية عملية إعادة النسخ. ولم تكن مثل هذه الإنزيمات متاحة للنظم العضوية الأولى. ولذا كانت عملية إعادة النسخ لديهم عرضة بشدة للخطأ. وطبقًا لقاعدة إيجن، فإن هذا يعنى أن الخريطة الجينية لدى هؤلاء الأوائل (أو قبل إعادة النسخ قبل العضوى) كانت قصيرة جدًا إذ كان لهم أن يتجنبوا «الخطأ المأساوى» ولكننا هنا نقع فى تناقض. إذا كانت الخريطة الجينية بالغة القصر، فكيف تستطيع أن تقوم بتخزين معلومات كافية لبناء آلية النسخ نفسها. إيجن اعتقد أنه حتى أبسط أجهزة أو أدوات إعادة النسخ تتطلب معلومات أكثر وفرة، والتى لم يسبق تراكمها أبدًا فى سلسلة متعاقبة من الحامض النَّووى (مادة تستخرج من نوى الخلايا) "**nucleic acid**"(١١). وللوصول إلى مقدار الطول الذى تحتاجه الشفرة الضرورية للإنزيمات الطابعة، فإن الخريطة الجينية ستخاطر بالوقوع بغباء فى مشكلة «الخطأ المأساوى» الذى تحاول مقارعته والتغلب عليه. ولوضع المسألة فى شكل بسيط: الخرائط الجينية تتطلب نسخًا يعتمد عليه، والنسخ الموثوق به يتطلب خرائط جينية معقدة. وعليه أيهما يأتى أولاً؟ وهذه مثل مشكلة «البيضة» و«الدجاجة» كنموذج لمتناقضة النشوء الإحيائى كما سنرى فى الفصل الخامس.

حتى الآن كنت، إلى حد ما، مختالاً فى استعمال مصطلح «المعلومات». ولكن علماء الكمبيوتر وضعوا تفرقة بين تراكيب الجمل وبنائها وإعرابها **syntax** ودلالات الألفاظ وتطورها **semantics**، فالأولى هى محض معلومات ربما تم ترتيبها طبقًا لقواعد النحو، بينما الأخيرة معلومات لها نوع من المعنى أو السياق. والمعلومات بذاتها أو من ناحية جوهرها ليس عليها أن تعنى شيئًا: قطع الثلج المتساقطة تحوى معنى تركيبيًا بالنسبة لخصوصية تركيبها كسداسية الشكل أو الأضلاع ولكن هذا النموذج لا يحوى أى دلالات، أى لا معنى لأى شىء بخلاف بنائه هو. وبالمقارنة مع الملمح المميز للمعلومات البيولوجية من أنه مفعم بالمعانى. الدنا تقوم بتخزين المعلومات المتطلبة لبناء كائن بشرى وظيفى، إنها «الطبعة الزرقاء» (الطبعة المبدئية

أو البروفة النهائية) أو الحبر الخاص بكائن متخصص ومنتج محتوم أو مقدر "predetermined"، بينما قطع الثلج المتساقطة ليست شفرة ولا تحتاج لشفرة، كما أنها لا ترمز لأى شىء على الإطلاق، بينما الجينات تفعل ذلك بشكل واضح لا لبس فيه. ولكى تشرح الحياة بشكل كامل، فليس يكفى أن تعرّف ببساطة مصدرًا للطاقة الحرة، أو معدلاً للأنطروبيا السالبة، للإمداد بالمعلومات البيولوجية. إنما علينا أيضًا أن نفهم، كيف تأتى المعلومات الدلالية ذات المعنى للوجود. إنها جودة المعلومات وليس مجرد وجودها. وهذا هو السر الحقيقى. كل هذه الأشياء عن الصراع مع القانون الثانى للديناميكا الحرارية هو تقريبًا أمر قليل الشأن، كأسماك السردين الحمراء قليلة الحجم لدرجة أنها جديرة بالالتفات عنها.

مصدر المعلومات الدلالية يمكن أن يكون - فقط - متمثلاً فى بيئة الكائن العضوى، ولكن هذا يستدعى السؤال: كيف جاءت المعلومات للبيئة فى المقام الأول؟، إنها - فقط - لم تكن منتظرة كشرائح أو صفحات من الطبعة المبدئية **blueprint** قبل الوجود للطبيعة كى تحاكيها. الطبيعة ليست مُصممًا عبقريًا. وعليه، فما الذى تعرفه عن محتوى معلومات البيئة نفسها؟ بالطبع المقصود بالبيئة هنا هو موطن الكائن العضوى؟ هل المحيط الأرضى؟ هل النظام الشمسى؟ فى النهاية البيئة هى الكون كله. تتبع سلسلة التسبيب أو العلية، وستجد أن السؤال متعلق بالكونية. وهكذا نكون مواجهين بالسؤال المطلق: من أين جاء محتوى معلومات الكون؟

الفجوة الأنطروبية: الجاذبية كمنبع رئيسى للنظام:

سبق لداروين أن انتقد بشدة هؤلاء الذين تدارسوا وتفكروا حول أصل الحياة، كرد عكسى على التفكير فى أصل المادة. واليوم يعتقد الفيزيائيون والكونيون أنهم قد عرفوا أصل المادة، وأن هذا الأصل يكشف عن أنه قابل للمقارنة مع عملية

الإحياء العضوى. أو أن الكون المرئى يشتمل على ١٠^٥٠ من أطنان المادة، أما مشكلة من أين أتت فكانت أشبه بالعبء أو الوباء الذى أصاب الكونيات لعديد من السنين. وكان الناقدون الأوائل للانفجار الكبير لا يوافقون على افتراض أن كل هذه المادة اندفعت للوجود فى بداية الزمن من دون أى سبب ظاهر. وكانت فكرة أن الكون تجذر من مادة، سبق أن وجدت بالفعل منذ البداية، كانت هذه الفكرة كالصدمة بالنسبة للكثيرين فاعتبروها غير علمية بالمرة.

وكان ثمة طريق آخر فى متناول اليد. حيث اكتشف الفيزيائيون منذ فترة أن عناصر المادة يمكن إنشاؤها إذا ما تركزت الطاقة بدرجة كافية، وهى عملية قابلة لأن تتم فى المعمل عن طريق ماكينات تسريع كبيرة. ولسوء الحظ لم تستطع هذه الفكرة أن تحل مشكلة الكونيين، لأنها تستدعى ببساطة سؤالاً حرجًا: من أين أتت هذه الطاقة المتطلبة للعملية فى المقام الأول؟ الافتراض بأن الطاقة فى الكون قد جاءت أو أُعطيت.. فقط هكذا كما لو كانت مجرد موجودة هناك فى الخارج، كان من الصعب اعتباره نوعًا من التقديم أو التقويم لفكرة أن المادة كانت هناك بدورها «فى الخارج». وفى كل هذه الاعتبارات تظل هناك شاردة عن «المعجزة» عن شىء يصدر عن اللا شىء فى نظرية الانفجار الكبير.

ولكن فى ثمانينيات القرن الماضى تم حل مسألة مصدر الطاقة فى الكون، حيث أُكتشفت المقولة بأن كل الطاقة فى الكون ربما تكون بالفعل عند درجة الصفر، وبالتالى تكون حالة من حالات «شىء من لا شىء». ويرجع السبب فى أن الكون يظل يحتوى على ١٠^٥٠ أطنان من المادة. ومع ذلك تبقى الطاقة فى درجة الصفر – يرجع إلى أن طاقة مجال الجاذبية طاقة سلبية – تعبير غريب ومميز فى آن معًا ويتصل بما سأقوله فيما بعد، والجمع بينهما يدل على أن كلا الاثنين يمكن أن يتلاغيان، تاركين قيمة «الصفر». وثمة آلية مقنعة وُجد أنها تشرح كيف أن الطاقة الإيجابية تظل محتبسة فى المادة، بينما تذهب كمية مماثلة لها من الطاقة السلبية إلى حقل الجاذبية وكنتيجة ذلك، فإن كل المادة الكونية قد أنشئت بالفعل من

دون مقابل ! وبمجرد أن ميز الكونيون ذلك، فقد أصبح قابلاً للتصديق افتراض أن الكون كله بدأ فى فراغ تام، وظهرت كل المادة بعد ذلك (ولكن بسرعة شديدة) كنتيجة لعمليات فيزيائية طبيعية. وحظيت هذه النظرية بقدر من الرفعة وبتقدير أنها أكثر علمية، لأنها استبعدت الحاجة لافتراض بأن ثمة قوة تفوق الطبيعة قد ساهمت فى إيجاد المادة عند بداية الزمن.

والآن إذا عدنا لمشكلة الإحياء العضوى، سنجد أننا مواجهون بمشكلة وجدانية عكسية. لأننا سنكون بحاجة لأن نشرح، ليس أصل كل هذه الأشياء المادية، ولكن أصل المعلومات إذ إن السعى وراء العمليات الفيزيائية المولدة للمادة يبدو علمًا جيّدًا، أنه يبدو من غير العلمى بالمرة التعلق بأمل أن عملية ما هى التى ستولد المعلومات. فالمعلومات ليست، من بين ما يفترض أنها هكذا تأتى من دون مقابل (مثل مادة الكون) أنك يجب أن تعمل من أجلها. وهذا بالفعل هو القانون الثانى للديناميكا الحرارية الذى نعود إليه للمرة الثانية. هذا لأن الظهور التلقائى للمعلومات فى الكون ربما يكون مكافئًا للنقص فى درجة الأنطروبيا فى الكون – بالتناقض مع القانون الثانى: معجزة.. والآن لم يعد محلاً للإنكار أن الكون يحتوى على معلومات (لأنه ليس فى حالة اتزان حرارى). وإذا المعلومات لم يتسنى إنشاؤها، فلابد أنها كانت موجودة هناك منذ البداية، كأن تكون جزءًا من المرحلة التمهيدية على سبيل المثال. والنتيجة التى يسوقنا إليها هذا هو أن الكون تواجد منذ البداية وهو مكدس بالمعلومات، أو الأنطروبيا السالبة.

ما ملاحظات الفلكيين حول المحتوى المعلوماتى للكون الباكر؟ هنا سنقع على اكتشاف عجيب هو وجود خلفية للكون من الإشعاع الحرارى، إنه أحد الأدلة التى تُكرِهنا على قبول نظرية الانفجار الكبير، وفيما يبدو أنه تَوهّج تخلف عن المولد النارى للكون. هذه الأشعة سافرت عبر الكون دون أى بعثرة أو تعويقات بعد زمن قليل منذ الانفجار الكبير. ولذلك فإن هذا يعطينا نوعًا من اللقطات الخاطفة عما كان عليه الكون قرب بدايته. وقياسات الأقمار الصناعية حددت أن

مشهد أو طيف الإشعاع الحرارى الكونى يتطابق بالضبط مع حالة «الاتزان الحرارى». ولكن حالة الاتزان هذه تمثل أقصى درجات الأنطروبيا، والتى طبقًا لما أوضحته علاقة شانون، فهى تتضمن الحد الأدنى من المعلومات وفى الواقع فهى كافية لإعطاء معلومة واحدة (درجة الحرارة) تصف بالكامل حالة الاتزان الحرارى، وهكذا فإذا كانت خلفية الكون من الإشعاع الحرارى، لها أن تكون أى شيء فليس سوى أن الكون بدأ من دون أى محتوى معلوماتى تقريبًا.

ويبدو أنه تواجهنا حالة تناقض تثير الارتباك: القانون الثانى يمنع زيادة مجموع المحتوى المعلوماتى للكون وقت ظهوره، فإن تسنى لنا أن نقول بأن الكون الباكر قد احتوى على قدر ضئيل من المعلومات. فعلينا أن نسأل: ومن أين جاءت المعلومات الماثلة أمامنا فى الكون الآن؟ وثمة طريقة أخرى للتعبير عن المشكلة بواسطة مصطلحات الأنطروبيا. إذا كان الكون حين بدايته كان قريبًا من حالة التوازن الحرارى. حيث الحالة القصوى للأنطروبيا، كيف تسنى أن يصل (الكون) لحالته الحالية من عدم الاتزان، ونحن نعلم أن القانون الثانى يمنع من هبوط أو التدنى فى درجة الأنطروبيا.

والإجابة عن هذا اللغز أو تلك الأحجية أصبحت معروفة اليوم: إنها تكمن فى الدراسة المتأنية والجيدة لظاهرة الجاذبية. ولكى ترى التغيير الذى تحدثه الجاذبية فى الديناميكا الحرارية، فكرٌ فى قارورة مملوءة بالغاز، فى هيئة حرارية معينة، فإذا أنت تركت الغاز مستقرًا دون اضطراب فهو لن يفعل شيئًا، إذ سيبقى فى حالة توازن. ولكن افترض أن كمية الغاز كانت كبيرة كسحابة غازية فيما بين الكواكب، هنا ستكون للجاذبية أهمية كبيرة، فلن يكون صحيحًا أن شيئًا لن يحدث، لأن النظام حاليًا قد اضطرب، وسوف يبدأ الغاز فى التكثف، مراكمًا مواد أكثر كثافة هنا وهناك. وفى وسط هذه التجمعات أو مراكزها سيتسبب التضاغط فى ارتفاع حرارة الغاز وسوف يتسبب تدرج درجات الميل فى الحرارة فى تدفق الحرارة، وتتشكل النجوم داخل سحابة كونية حقيقية عبر هذا التصور. وتدفق

الإشعاع الحرارى من مثل هذا النجم – الشمسى مثلاً – سيكون مصدرًا (من دون مقابل) للطاقة أو الأنطروبيا السالبة، وهو ما يسيِّر كل أشكال الحياة على سطح الأرض عبر التمثيل الضوئى **photosynthesis**، وهكذا فى ظل تأثير الجاذبية فإن الغاز المفترض أنه حالة توازن حرارة، وفى درجة حرارة متماثلة أو منتظمة وحد أقصى من الأنطروبيا، وبصرف النظر عن حدوث أى تغييرات أخرى، فإن الجاذبية ستجعل الحرارة تتدفق وتسبب ارتفاعًا متزايدًا فى درجة الأنطروبيا. هذا الإغواء الجاذبى لعدم الاستقرار هو مصدر المعلومات.

وفى النهاية فإن الجاذبية تغيّر من قواعد اللعبة بطريقة واضحة وبارزة. لأنه فى نظام تكون فيه الجاذبية محسوسة، فإنه يكفى أن يكون هذا النظام له حرارة مستقرة ومنتظمة وكثافة مستقرة ومنتظمة، كى نقول إنه فى حالة اتزان ديناميكى حرارى، أو حالة حد أقصى من الأنطروبيا. نعم تخدعنا المظاهر – ذلك أن سحابة غازية يظل لديها الكثير من الطاقة الحرة لتنفثها عبر عمليات الجاذبية. حتى فى حالة الحرارة المستقرة فإن الغاز يظل فى حالة انخفاض فى الأنطروبيا. وعندما يتعلق الأمر بالكون فإن الجاذبية هى القوة المسيطرة، وعليه فلا يمكننا تجاهل تأثيراتها الديناميكية، ومن ثم لا نستطيع أن نستنبط من وجود خلفية منتظمة من الإشعاع الحرارى أن الكون الباكر كان فى واقع الأمر فى حالة توازن ديناميكى.

تمامًا كما يبدو أن الحياة «ذهبت فى الطريق الخطأ» ثيرموديناميكيًا، هكذا يبدو أن الجاذبية ذهبت كذلك فى نفس الطريق[١٢]. نمو ناعم للغاز فى وسط تراكم معقد. ظهر النظام عفويًا. وبالنسبة للمصطلحات المعلوماتية، فيبدو أن هذا يمثل عودة لنقطة البداية. لأن حالة من الغاز المستقر، بكل بساطة هذه الحالة، يمكن وصفها عبر معلومات قليلة، بينما تتطلب مجموعة نجوم، أو مَجرّة معلومات وفيرة لوصف أى منهما. وفى بعض الطرق غير المفهومة بشكل صحى، فإن كمية ضخمة من المعلومات تبقى فى النهاية كامنة، كسر محفوظ تحت نعومة حقل الجاذبية لغاز مستقر عديم الملامح. وفى حالة ظهور أو بروز نظام، فإن الغاز

يخرج من حالة الاتزان وتتدفق المعلومات من حقل الجاذبية منتقلة إلى المادة. وجزء من هذه المعلومات ينتهى إلى الخريطة الجينية للكائن العضوى كمعلومات بيولوجية.

وبالنظر للكون ككل، فإن التوزيع الهادئ المبدئى للغاز الذى لفظه الانفجار الكبير، تحول ببطء إلى بقع أو لطخات من الغاز المُكَوِّن، الأكثر لحرارة نظمت نفسها فى النهاية إلى مجرّات أولية بّراقة محاطة بالفضاء الخالى. وهذه تتحول إلى تشكيل من نجوم متوهجة. هكذا يساعد تمدد الكون على حدوث التغاير الحرارى، لأنه نتيجة للتمدد الكونى تهبط الحرارة الخلفية الكونية. وتصبح النجوم المتقدة قابلة لنفث إشعاعاتها بقسوة إلى الفضاء البارد. وتكون خلاصة هذه العمليات التى صنعتها الجاذبية أن فجوة الأنطروبيا تنفتح على العالم، الفجوة بين الأنطروبيا الفعلية وبين الحد الأقصى الممكن للأنطروبيا. ويكون تدفق ضوء النجم هى واحدة من العمليات التى تحاول إغلاق تلك الفجوة، ومن الناحية الفعلية، فإن كل مصادر الطاقة الحرة أو غير ذات المقابل بما فيها الطاقة الحرارية والكيميائية داخل الأرض، يمكن نسبتها إلى تلك الفجوة. وهكذا فإن الحياة تتغذى بعيدًا عن فجوة الأنطروبيا التى أنشأتها الجاذبية. إذن يصبح المصدر المطلق للمعلومات والنظام متمثلاً فى الجاذبية.

وفى تعقب مصدر المعلومات إلى الوراء وصولاً للجاذبية وللحالة المستقرة للكون فور الانفجار الكبير، تتركنا بدورها مع مشكلة «الدلالية». كيف برزت المعلومات ذات المعنى فى الكون؟ وهذا السر يقترب من الصلة بأصل «التعقيد»، ويشكل واحدًا من العوامل المُعَرِّفة للحياة.

وينقسم العلماء عما إذا كان التعقيد يسلك سلوك المادة أو أن شأنه شأن المعلومات، أى عما إذا كان التعقيد الكلى فى الكون يظل دوما كما هو عليه. بعض الباحثين يعتقدون بوجود قوانين للتعقيد، وإذا كانت هذه القوانين موجودة، فربما تصف لنا «كيف» لحالة بسيطة يمكنها أن تتطور طبيعيًا إلى ما هو أكثر تعقيدًا،

حتى لو احتوت على معلومات دلالية أو ذات معنى. وهذه الحالة عادة ما تسمى: «التعقيد الذاتى» أو «النظام الذاتى»، وسوف يكون لدى ما أضيفه فى هذا المجال عبر الفصول التالية. وثمة علماء آخرون يناقشون أن «التعقيد» لا يمكنه أن يُستَحضَر هكذا من وسط الهواء المحض، ولكن النظام المعقد لا ينشأ إلاّ من خلال نظام معقد آخر وعلى الأقل مماثل له فى التعقيد. إلا أن الجاذبية المعقدة عادة ما تعطى فترات توقف مؤقتة تفسح خلالها المجال للتفكير، لأنها تظهر بالطبع وعلى نحو طبيعى من حالة مبدئية بسيطة.

ولكون الجاذبية من قبيل القوى الضعيفة، فإنه من الصعب تصور أنها تلعب هذا الدور المباشر فى العمليات البيوكيميائية. ولو أن بعض الفروض من قبل الباحثين قد جرت على هذا النحو. فإن «روجر بنروز» "**Roger Penrose**"، الخبير العالمى فى الجاذبية والرياضى الأوكسفوردى، تَفَكَّرَ فى أن الجاذبية ربما تؤثر فى البيوكيميائيات عبر عمليات كمّية[١٣]. كما قارن الفيزيائى الرياضى «لى سمولن» "**Lee Smolin**" بين الحياة والجاذبية فى كتابه الأخير بعنوان: «حياة الكون» "**The life of the Cosmos**"، حيث طور فيه محاكاة أو مشابهة بين سلوك أنظمة الـ: **ecosystems** والمجرات الحلزونية الشكل أو ذات الحركة المغزلية وباستلهام نماذج كمبيوترية عن النظام الذاتى، وجد أن ثمة توازيًا مغلقًا فى عمليات استرجاع المعلومات **feedback**. وأعتقد أن الحياة بزغت فى عش صغير وبشكل تراتبى كنظام ذاتى التنظيم وبدأت فى بيئتنا المحلية الطبيعية وتصاعدت منها على الأقل إلى مجرتنا[١٤].

لو أن أفكار بنروز وسمولن كانت صحيحة وقد قيل عنها، إنها فقط تأملية جدًا – فهى ربما تكشف عن رابطة بين خصائص الطريق الخطأ للديناميكا الحرارية والتى تميز كلاً من نظم الجاذبية والبيوكيميائية. وكان يمكنها إذن أن تفسر أصل الحياة كمسألة ترتبط تمامًا وبعمق مع أصل الكون نفسه.

وفى خضم هذا المزاج التأملى، أود أن أضيف بعض الأفكار من عفوياتى. مفهوم المعلومات يظهر بوفرة فى عدة مجالات علمية مختلفة ليس فقط فى علوم الإحياء العضوى (البيولوجيا) والديناميكا الحرارية، ولكن أيضًا فى علوم الكمبيوتر، وفى عدة فروع أخرى للفيزياء. وعلى سبيل المثال ففى ميكانيكا الكم، فإن الخواص الشبيهة بالموجات **wave-like** من المادة، توصف من خلال الرياضيات بواسطة دالة موجبة **wavefunction**، وهى تمثل كل شىء معروف عن النظام الذى تصفه مثل تقديم المحتوى المعلوماتى للحالة. وسوف أضيف المزيد عن هذا الأمر فى الفصل العاشر. إنما هنا أرغب فى الضغط على ملاحظة بأن السمة المميزة لوظيفة الموجة هى المسماة عادة باللا محلية **nonelocality**، إنها تنتشر عبر الفضاء وتصف علاقات غامضة تربط مع عناصر منفصلة بشدة علاقات عبر عنها أينشتاين بـ «علاقات شبحية» تجرى على البعد. وبكلمات أخرى فإن وظيفة الموجة ومحتواها المعلوماتى هى جوهر عالمى وليست كمًا محليًا، مثل كمية الحركة، أو الطاقة، أو الشحنة الكهربائية[١٥].

ويظهر مفهوم المعلومات مرة أخرى فى النظرية النسبية، ولكن بطريقة مختلفة جدًا وغريبة جدًا. لقد طالما قيل بأن النظرية النسبية تمنع ارتحال أى شىء بسرعة تفوق سرعة الضوء. وهذا ليس صحيحًا، حيث تسمح بارتحال بعض العناصر بسرعة تزيد على سرعة الضوء (هذه العناصر الحدسية تسمى تاكيونات **tachyons**). والذى تمنعه النظرية هو انتقال المعلومات بأسرع من الضوء. والمشكلة هنا تتمثل فى أنه إذا استطاع «أ» أن يبعث بإشارة إلى «ب» بسرعة فائقة **superluminal** (اللومن مقياس لتدفق الضوء من مصدر ضوئى أو قياس سقوطه على سطح: المترجم)، فمن السهل أن نستنتج مفهومًا عامًا بإمكانية إرسال إشارات إلى الماضى، مُنشئين بذلك المتناقضات التقليدية المتعلقة بالسببية. وهذه التناقضات لم تجئ عبر إمكانية إنتشار الضوء فائق السرعة على هذا النحو: الضوضاء الأسرع من الضوء لا تهدد السببية، لأنها خلو من المعلومات ولكن

الإشارات الأسرع من الضوء (مثل المعلومات هنا) هى متناقضة بعمق بالغ. تخيّل على سبيل المثال أن «الريموت» الإشعاعى، الذى يفتح باب الجراج الخاص بـى، كان قابلاً لنقل الإشارة إلى الماضى، ولنقل قبلها بيوم، فإنه يمكننى أن أَضَـعَ هـذه الخاصية على قنبلة إشعاعية نشطة مُبرمجة على الانفجار إذا استقبلت أى رسـالة من المستقبل. ما الذى يحدث لو أننى ضغطت على الزر «غدًا؟» ستنفجر القنبلـة «اليوم»، مُحطمة معها الريموت نفسه، ولن أستطيع تنشطيه غدًا. ولكـن لـو لـم أُموضعه على الغد فإن القنبلة لن تنفجر. التناقضات من هذا النوع مألوفة جدًا لدى المناصرين للخيال العلمى، والذين يهبون حياتهم له. والآن من حيث المبـدأ، فـإن زناد القنبلة لم تعد ثمة حاجة لأن يكون معقد الإشارات الإشعاعية.

وإنما يحتاج فقط إلى جسيم كمى وحيد يصدر عن جهاز الإرسال **transmitte**، ما دام النظام معدًا بشكل صحيح للتجاوب مع ذلك الجسيم. وبكلمات أخـرى إذا كـان النظام مُنْشأ بطريقة يكون فيها الجسيم المسئول هو إشارة لتفجيـر القنبلـة، فـنحن إذن نواجه متناقضة. ولكن الجسيم فى ذاته ليس مميزًا فالجسيم هو جسيم. ويـصبح زنـادًا مفجرًا للقنبلة أو متناقضة، إذا قام بنقل معلومات ما بين جهاز الإرسال والمستقبل. كأن نقول إنه المجرى الذى يرتحل فيه الجسيم فى الزمن إلى الخلف، وهو ما ينتج المشكلة، والمجرى هنا مفهوم عالمى. لا يستطيع الجسيم فى حد ذاته أن يكشف عمـا إذا كـان ينقل معلومات أو لا، إذ ليست هناك ميزة إضافية أو مضافة إليه محليًا (كما تفعل مـثلاً الشحنة الكهربائية) وهذه الميزة تقول: «أنا أحوز معلومات».

وهكذا تقترح ميكانيكا الكم، ومعها النسبية بأن المعلومـات هـى كونيـة أو عالمية عوضًا عن كونها كمية محلية. حيث لا يمكنك ببساطة أن تفحص موقعًا فى الفضاء وأن تعايش المعلومات. فالذى تراه – جزيئًا على سبيل المثـال – يـصبح معلومات فقط فى مجرى عالمى صحيح. سواء كان أو لم يكـن الجـزىء ممـثلاً لمعلومات هامشية أو تافهة أو مادة ذات معنى دلالى حقيقى. وربما تكون لها نتائج دراماتيكية مثل نموذج القنبلة الذى قدمناه هنا.

كيف لكل هذا أن تكون له صلة بأصل الحياة؟ إنها تقترح أننا لن نكون قابلين أو قادرين على تعقب أصل المعلومات البيولوجية وربطها بعمليات القوى الطبيعية المحلية وقوانينها. وبصفة خاصة الدعوى المتكررة – كبحث يشكل انقطاعًا مؤقتًا – والخاصة بأن الحياة مكتوبة فى قوانين الطبيعة، فهذا لن يكون صحيحًا، لو أن هذه القوانين محصورة على النوع المألوف الذى يصف التحركات المحلية والقوى المتقاربة أو المباشرة. علينا أن نسعى وراء أصل المعلومات البيولوجية فى نوع من المجريات العالمية. لأنه قد يحدث أن تكون مجرد بيئة بسيطة، تلك التى وقع فيها الإحياء العضوى. ومن الناحية الأخرى فقد تتعلق المسألة بنوع أو طراز من القوانين الفيزيائية غير المحلية، والذى لم يتعرف عليه العلم بعد. وهذا الجلاء والوضوح يضع ديناميكات المعلومات فى حالة ارتباك وحيرة مع ديناميكات المادة.

الهوامش

(١) ترنيمة الحياة "A Psalm of Life" لـ:هـ. دبليو لونجفيلو "H.W. Longfellow"».

(٢) طبيعة العالم الفيزيائى "The Nature of the Physical World" لـ: أ.س. إيـدنجتون "A.S. Eddirgton" (Cambridge University Press, Cambridge, 1928, p. 74.)

(٣) القانون الثانى، الأنطروبيا السلبية، الديناميكا الحرارية للعمليات الخطيّة "The Second Law, Negentropy, thermodynamics of Linear Processes' لـ: أ. أى. زوتين "A.I. Zotin" فى الديناميكا الحرارية للعمليات البيولوجية Thermodynamics of Biological Processes الذى أشرف على تحريره آى لامبرشت "I. Lamprecht" و أ. آى. زوتين (de Gruyter, New York, 1978, p. 19)

(٤) نهاية العالم: من وجهة نظر الفيزياء الرياضية " :The end of the world From the Standpoint of mathematical physics" لـ: أ.س. إدينجتون "A.S. Eddington". (Nautre 127, 447, "1931").

(٥) ما الحياة؟ "What is Life ?" لإيروين شرودنجر.

(Cambridge University Press, Cambridge, 1944, p. 81).

(٦) فكرة المقارنة بين الأنطروبيا لاثنين من العضويات تعتبر فعليًا فكرة غامضة. ويمكن إعطاء تقويم أدق من خلال مصطلحات التعقيدات النسبية لتركيبهما الجينى. وهو ما يمكن التعبير عنه كميًا بما يسمى الأنطروبيا الحسابية نظام العد العشرى (انظر الفصل الرابع). والأمر حينئذ أن العضويات الأعلى لها أنطروبيا حسابية أعلى (وليس أكثر انخفاضًا)، وفى ظل ذلك لا يتصادم مع القانون الثانى على أى حال.

(٧) نُشرت النسخة الألمانية فى (Populare, Leipzig, 26, 1905) ويمكن الاقتباس من الترجمة الإنجليزية: التفكير فى «التعقيد» «Thinking in Complexity» لكلاوس مينزر Klaus Mainzer.

(Springer-Verlag, Berlin 1994, p. 82).

(٨) النظرية الرياضية للاتصالات "The Mathematical Theory of Communication" لـ: س. إى. شانون "C.E. Shannon" ودبليو. ويفر W. Weaver.

(University of Illinois Press, Urbana, 1949).

(٩) ربما يكون القارئ متشككًا حول كيف يمكن قيام «اختيار» مثله مثل مقدمة للمعلومات، ولكن المعلومات فى معناها الأعرض هى مجرد إقصاء للإمكانيات. وإذا كانت لنظام فيزيائى حالة إمكانية واحدة، فإننا لن نعرف شيئًا من خلال البحث فيه. والمزيد من الإمكانيات هناك، هى أن ما نعرفه أكثر باكتشافه هى الحالة الفعلية. والاختيار الطبيعى يقضى على العضويات غير المناسبة، ويختار فقط نظامًا جينيًا معينًا عبر إمكانيات كثيرة جدًا. وكل الإمكانيات الأخرى يتم إقصاؤها. وهذا يعادل إضافة معلومات للنظام الجينى.

- والدور المفتاح لمفهوم المعلومات على جميع مستويات الحياة – بدءًا بالجزيئات خلال الخلايا إلى حتى الأدمغة – مشروح بشكل شفاف ومشرق فى: وسيلة اختبار الحياة «The Touchstone of Life» لـ: ورنر لوينستين Werner Lowenstein.

(Oxford' University Press, Oxford, 1949).

(١٠) بعد استنتاج النظام المتسلسل للإنسان، أصبح واضحًا أن ١٠٠,٠٠٠ جين هو بالأحرى تقدير مبالغ فيه.

(١١) التطور من الجزيئات حتى الإنسان «Evolution from Molecules to Men» والذى أشرف على تحريره د.س. بندال «D.S. Bendall».

(Cambridge University Press, Cambridge, 1983, p. 127).

(١٢) خاصية «الطريق الخطأ» للجاذبية يقترب فى ارتباطه بحقيقة أن طاقة الجاذبية هى طاقة سلبية.

(١٣) العقل الجديد للأباطرة "The Emperor's New Mind" لـ: روجر بنروز "Roger Penrose" (Oxford University Press, Oxford 1989) وظلال العقل "Shadows of the Mind" (Oxford University Press, Oxford 1994).

(١٤) حياة الكون "The Life of the Cosmos" لـ: لى سمولن "Lee Smolin".

(Oxford University Press, Oxford 1997, p. 159).

(١٥) للقارئ الذى يرغب فى المزيد من المعرفة حول «لا موضوعية الكم» وخواصه الشاذة. انظر على سبيل المثال: الشبح فى الذرة "The Ghost in the Atom" لـ: بول دافيز "Paul Davies" (المؤلف) وجوليان براون Julian Brown.

(Cambridge University Press, Cambridge 1986).

(١٦) لمزيد من التفاصيل حول كيف تُقيِّم مثل هذه الحالات التناقضية، انظر: حول الزمن "About Time" لبول دايفز (Viking London, 1995, Chapter 11).

الفصل الثالث

الخروج من الوحل

«إنك تعبر بدقة عن وجهات نظرى عندما تقول إننى تركت جانبًا، وعلى نحو متعمد، السؤال عن أصل الحياة، مفتقدًا للفحص الدقيق، كما لو أنه معادل لفيروس فائق فى مجال معرفتنا الحالية».

تشارلز دارون

Charles Darwin[(١)].

كان المرحوم الإيرل مونتباتن عن بورما **Earl Mountbatten of Burma** ابن عم الملكة إليزبيث الثانية مغرمًا بدعوى استطاعته تعقب سلالته الملكية إلى ما وراء العام ١٠٦٦، أى إلى ما قبل هزيمة النورمان **Norman**. ولعله أمر يثير الإعجاب والعجب على مستوانا جميعًا كمراقبين خارج الأمر أو كأفراد من العامة، وهل تفعل أنتَ غير ذلك؟

إن ألف عام من التاريخ تشمل ما يقرب من ٤٠ جيلاً. والمعروف أن كلاً منا له والدان، وأربعة جدود وثمانية آباء جدود، وكلما عدنا جيلاً إلى الوراء، فإن رقم الأسلاف يتضاعف. وباستخدام هذه القاعدة، فيبدو أن ٤٠ جيلاً سوف تضع أمامنا $٢^{٤٠}$، أو ما يقرب من تريليون من الأسلاف. وهذا الرقم يربو على عدد من عاشوا على الأرض منذ البداية، وحتى الآن وعليه يكون ثمة شىء خطأ فى العملية الحسابية.

والخطأ يكمن فى افتراض أن أسلافنا من البشر قد استمر انتشارهم فى الأرض على مدى الماضى طوال الوقت، كما تقترح أشجار النسب تلك. إلا أن الواقع يقول إنك عند تعقب شجرة نسب فى الماضى، فستجد أن خطوط الناس تتقاطع مع بعضها عند نقاط بعينها وأنها تعاود التقاطع مرة أخرى. وعليه فإن الجينات والدماء الملكية تنتشر وتصب عبر القارة، مما يجعلنا جميعًا أولاد عمومة بعيدة (أبناء عمومة دائرة كما نعبّر عنها فى مصر: المترجم)، وإننى أيضًا تجرى فى عروقى دماء ملكية، ولست محتاجًا لمثل الإيرل مونتباتن إلى توثيق المسألة والبرهنة عليها.

ومن خلال مزيد من الأفكار حول أشجار نسب العائلات نصل إلى نتيجة تظل غريبة، ليس فى أن الأنساب لم تنتشر بانتظام طوال الماضى، ولكن فيما يظهر أنها عند نقاط معينة من التاريخ بدأت فى التقارب والتجمع. ولعلنا نلاحظ أنه منذ مائة ألف سنة مضت لم تكن على سطح كوكب الأرض إلا حفنة من الـ «هوموسابينز» (الإنسان العاقل)، والذين انحدرت عنهم البشرية القائمة الآن كلها ومن دون استثناء. ونستطيع أن نقدر تلقائيًا أن تنتهى كل التجمعات القائمة لسلف واحد هو ذلك البدائى الشبيه بالإنسان (وبالنسبة لمرجعية النساء على هذه الشجرة، فإن هذا السلف الواحد بالنسبة إليهن، قد يشار إليه من خلال حواء أفريقية **African Eve**، حيث يبدو قريبًا للظن أنها عاشت هناك). وما هو أكثر من ذلك أن ما يصلح للبشر ينطبق بدوره على الأنواع الأخرى. ولبضعة ملايين من السنين قبل أن تبدأ حواء الأفريقية بأولى خطواتها عبر سهول السافانا الأفريقية قليلة الأشجار وقتئذ، فإن سلفًا مألوفًا لكل القرود والبشر سكن فى أماكن ما من الغابة الأفريقية. وهكذا بالعودة إلى الوراء إلى ما هو أبعد من الزمن، ستجد الأنواع على اختلافها تقيم علاقات تبادلية وبما يتناقض بما هم عليه الآن من تحديدات وتمايزات. بشكل واضح. ومن نصف بليون سنة مضت كانت إحدى الأسماك تمثل سلفًا لى، ومنذ بليونين من السنين كانت أسلافى مجرد ميكروبات.

ويمكن توظيف مثل هذا التسبيب فى كل الكائنات الحية بما فيها الشجيرة القائمة خارج مكتبى، والعصفور المتقافز عند شباكى إلى حتى «الفطر» (المشروم **mushroom**) النابت فوق المرجة المخضرة خارج المكتب. لأننا لو استطعنا تعقب شجرة أنسابهم لدرجة كافية فى الماضى البعيد، فسنجد أن أنواعهم المنفصلة تلك، ستتشابك فى النهاية مُشَكِّلة متصلاً واحدًا. ونحن يمكننا تصور أو تخيل شجرة نسب لكل ما هو حى فى يومنا هذا، أى نوع من شجرة نسب فائقة. وبصفة مطلقة، فإن أفرع هذه الشجرة الفائقة لا بد أنها ستتقارب أيضًا ليس فقط بدرجة قليلة، ولكن بدرجة كبيرة كلما ضاقت المسافة بين الفرع والساق الرئيسية للشجرة. وهذه الساق القديمة تمثل كائنًا عضويًا واحدًا وبدائيًا، أعنى السلف العام لكل الحياة الأرضية: آدم ميكروبى الطابع، والذى تشكل مصيره فى تعمير الأرض وتأهيلها بالسكان عبر ذرية من عدد وافر عصىٍّ على الإحصاء من الأخلاف(٢). ولكن كيف لهذا الكائن العضوى الصغير الذى أثمر بلايين الأنواع من الذرارى، أن يتواجد فى الأصل؟ وأين عاش؟ ومن الذى كان قبله؟

شجرة الحياة:

حول ربيع وصيف العام ١٨٣٧، وفور عودة تشارلز دارون **Charles Darwin** من رحلته الشهيرة على المركب هـ.م. إس بيجل **HMS Beagle**، شرع فى تشكيل وتأليف ما توصل إليه والذى أصبح بعدها النظرية المنسوبة إليه والخاصة بالتطور. وحول منتصف يوليو كانت أفكار دارون مازالت مبعثرة ومزاجه العام مضطربًا فى تلمس الطريق. وفى وسط العديد من ملاحظاته التى سجلها فى دفتر ملاحظاته والتى اتسم أغلبها بالتردد والانفعالية، إنما كان من بينهما كروكى تجريبى بسيط، والذى تبين وعلى نحو مفاجئ، أنه يشمل الفكرة المحورية، التى بدأت تتبلور فى ذهنه، التى كسحت أمامها بقية الأفكار. كان الرسم الذى وضعه لشجرة لها عديد من الأفرع الشاذة، ولكنها موحية بأنها ستتقل

لنا تاريخًا كاملاً لتسلسل نسب المزروعات والحيوانات: شجرة الحياة(٣). وبشيء من المجاز فقد كانت بالفعل رائعة حيث نقلت لنا الفكرة الضرورية والأساسية في تأصيل الحياة عبر الماضي البعيد المعتم والغامض من خلال واقعة عضوية وفريدة. ومن خلال هذا السلف الوحيد العام والمشترك – ساق الشجرة – انقسمت الحياة وتنوعت خلال أزمنة طويلة، وعبر تفرع ناجح وأنواع جديدة تمخضت عن أنواع أقدم. ونهاية الأفرع مثلت انقراض وزوال بعض الأنواع، مثل الديناصورات وطائر الدودو **"dodo"**(*).

ووجود مثل هذا الجذع الرئيسي أو ساق الشجرة هو نوع من التخمين، لأن داروين لم يكن محبًا للأفكار المفرطة التعقيد ! حول استمرارية ظهور الحياة، منشئة غابةً متشابكةً من الحياة بدلاً من شجرة وحيدة. واليوم يعتقد البيولوجيون أن تخمين داروين كان صحيحًا بشكل أساسي: الحياة على الأرض انحدرت من سلف واحد وعام.

والذي يجعلهم متأكدين على هذا النحو، ثمة عدة أسباب جيدة للاعتقاد بوحدة وعالمية السلف. وفي البداية نجد أن كل كائن عضوي معروف يشترك مع الآخرين في نظام فيزيائي وكيميائي عام. الطريقة الأيضية لدى الخلايا وكيف تنمو، وما الذي يفعله كل جزيء ومتى؟، وكيف يتم تخزين الطاقة ثم إطلاقها؟ ومتى يتكون البروتين **proteins** وما دوره؟؛ كل ذلك يتم بنفس الطريقة تقريبًا لدى الجميع. وكذلك الطريقة التي تسجل بها الخلية المعلومات الجينية. ثم إعادة إنتاجها أيضًا من بين المشترك العام لدى الأحياء. وربما يكون أكثر الأدلة إقناعًا بوحدة الأصل وعموميته، هو أن التعليمات الجينية يتم تنفيذها عبر كود عالمي (انظر الفصل ٤). بل يصبح بعيدًا جدًا عن التصديق بأن كل هذه السمات المعقدة وذوات التخصص العالي الدرجة قد بزغت للوجود منفصلة عن بعضها على مرات كثيرة. وإنما الأكثر قربًا للتصديق هو أن هذه الخواص تمثلت في الخلية العالمية القديمة والموروثة لدى الأخلاف الحالية.

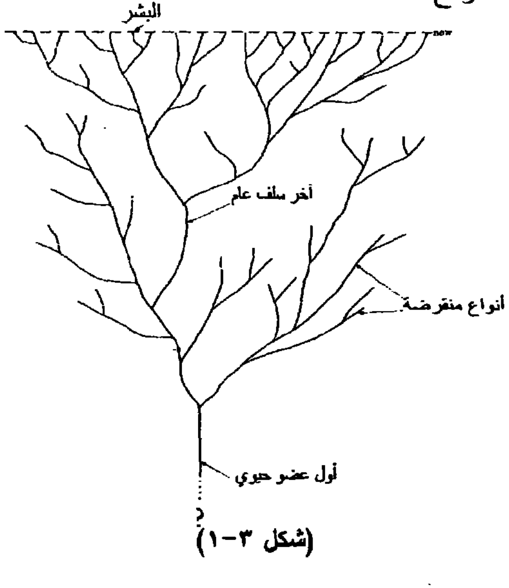
(*) طائر منقرض من فصيلة الحمام، ولكنه من حيث الحجم يفوق حجم الديك الرومي. (المترجم).

ويأتى دليل آخر على عمومية ووحدة السلف، وهو هذا التدبر الصنعى للجزيئات فى إدارة شئونها والمعروف فنيًا بالاقتصاد (لا زيادة ولا نقصان) والـ: "chirality"(*). فكل الجزيئات العضوية ليست على نفس النظامية فى شكلها، حيث تعكس صورتها عبر المرآة (فرضًا) تبدو مختلفة كاختلاف اليد اليسرى عن اليد اليمنى (إذ لديهما ما يمكن تسميته: «عكسية الاقتصاد» الذى عنيناه " opposite chirality"، فالدنا DNA تلتف فى شكل حلزونى أو اتجاه يمينى، بينما صورتها المرآوية كأنها التفاف حلزونى متجه لليسار. ومع ذلك، فإن القوى التى تجمع هذه الجزيئات مع بعضها لا تفرق بين اتجاه يمينى أو يسارى لها، فلا قانون الطبيعة قد منعٍ جزىء دنا يسارى الوجهة من القيام بدوره، ولا أحد وجد حتى الآن أيًا منها عاطلاً عن العمل. وبالمثل، فإن كل الجزيئات العضوية تحوز الخاصية نفسها الـ: chirality، سواء يمينية الاتجاه أو يساريته، وهذا ينطبق على كل الأشياء الحية، وهو ما يشير بدوره إلى أن الحياة تحدّرت عن خلية واحدة كسلف لها، وتشتمل جزيئاتها على نفس الخاصية المشار إليها والموجودة إلى اليوم.

ومن المهم ألا يختلط علينا الأمر بين هذا السلف العمومى وأول شىء حى. ولتوضيح هذه النقطة، فإن الشكل (٣-١) يظهر مدى التشكل التخطيطى الطابع للحياة، كما تبدو لنا اليوم، وحيث يمكنك البدء من أى مكان مع فرع من الأفرع تم تعقب جذوره، وحتمًا ستصل إلى الجزع أو الساق الرئيسية. ولاحظ أن معظم الأفرع الأكثر انخفاضًا تمثل الحياة الأكثر قدمًا من ناحية خط النهاية. ومن ناحية الحقيقة، فإن أكثر من ٩٩٪ من كل الأنواع، التى سبق أن عاشت، قد اندثرت الآن وانقرضت. وإذا ما بدأت بقمة الشجرة (والتى تمثل الحياة اليوم) وتتبعت الأفرع إلى أصولها المتأخرة العامة، وهى نقطة يمكن أن تضللنا، فإنك لن تجد قاعدة الفرع متصلة بالجذع الرئيسى على الإطلاق، ولكنها فوق وأسمى من الأفرع الأدنى. وهذه الأفرع الدنيا تمثل الأنواع المنقرضة والتى تحدّرت عن أصول انقرضت بدورها. وعلى الجملة، وعلى نحو حرفى يمثلون النهايات الميتة فى شجرة الحياة.

(*) وهذه الكلمة تستخدم كصفة للجزىء وتعنى أنه لا يفرض انعكاس صورته فى المرآة. (المترجم).

ومعظم هذه النهايات الميتة كانت بلا شك كائنات تشبه الحياة الباقيـة حاليًّـا من حيث حالتها البيوكيميائية. ومن المفهوم أيضًا، أن بعض الخلايا كانت تـستخدم عمليات دخيلة أو غريبة والتى لا تعثر لها على مثيل فى أى نوع حى حاليًّا. وعلى سبيل المثال فربما وُجدت ميكروبات توظف شفرة جينية مختلفة. وربما وَجدت هذه الأنواع الغريبة أنها فى حالة تنافس مع نوع حيواتنا، وربما تم دفعهـا للانقـراض لأنها كانت أقل كفاءة فى التأقلم. ومن الممكن ألا تكون كلها قـد ماتـت بالكامـل. وربما تزل أقدام البيولوجيين يومًا ما، عبر ميكروبات غريبة فى بيئة غير عاديـة فى مكان ما على الأرض، أو على المريخ، والتى يمكن أن تكون أحياء باقية مـن واحد من الأسلاف التى تمثلها الأفرع الأدنى فى شـجرة الحيـاة. وهـذا العـالم الميكروبى المفقود ربما سيعطى العلماء فرصة هائلة لدراسـة عمليـات الأيـض والجينات فى تلك الأنواع.



(شكل ٣-١)

شجرة الحياة على نحو بالغ التبسيط، حيث نجد جذع الشجرة ممثلاً لأول شىء حى، وتمثل أيامنا الحالية الأفرع القممية فى الشجرة والتى من بينها الكائنـات البشرية. والأصل المشترك العالمى للحياة الباقية بعد، يقع فى منتصف الشجرة تقريبًا عند بداية شكلها الشبيه بالشوكة، والذى يصل بين أفرع الشجرة العليـا.

أما الأفرع السفلية، فهى تمثل الكائنات العضوية التى لم تبق لها أسلاف حيــة. والرسم على النحو الموضح قد بالغ فى أعداد الأنواع البعيدة فى مقابل ما بقى حيًا من أنواع.

وبطريقة تثير الفضول، ربما تحتوى عمليات الأيض (تمثيل الطعــام) لــدينا على بقايا غير ضارة لنظام بيوكيميائى بديل، نبذته أسلافنا منذ أمد طويل، ولكــن استبقته بطريقة مقدرة حتى الآن، بعض العضويات الحية المنقرضــة. وإذا كــان الأمر كذلك، فستكون أجسادنا مشتملة على ذكرى خابيــة للحيــاة البديلــة والتــى انقرضت منذ بلايين السنين. وهذه الفكرة ليست تأملية على نحو ما تبــدو عليــه. فكثير من الخلايا (بما فيها خلايانا) تحتوى على وحدات إضــافية معروفــة باســم ميتوكوندريا "**mitochondria**"(*). ومن المعتقد أنها بقايا آثارية لميكروبات كانــت مستقلة ثم غزت الخلايا لتقتلع ضيافتها الدائمة، وهى عمليــة تعــرف بالتكافــل أو التعايش بين مُتَعَضِّيَيْنْ غير متشابهين "**symbiosis**".

ولترى كيف يتم مثل هذا التعايش، تخيل معركة تقليدية بين الباكتيريا، سوف تهاجم الميكروبات آكلة قريناتها من دون شفقة، كما بين أسماك القرش والأسود فى معركتهما من أجل البقاء. ومع ذلك فعلى مستوى الباكتيريا، فإن عمليــات الهــضم تتناظر مع عملية العدوى: (أ) ينتهى داخل (ب) فإذا ما انتــصر (ب) ومــات (أ)، فنحن نسمى هذا غذاءً وإذا ما انتصر (أ) وهلك (ب) نسمى الأمر عدوى. ومع ذلك فقد يحدث أن (أ، ب) يصلان إلى موقف يحرج فيه كل منهما الآخر كما يحدث فى حالة وضع الشاه (الملك) فى مباراة شطرنج فى موقف حرج تمهيدًا للقضاء عليــه، ومن ثم يتوافقان على أن يبقيا معًا فى حياة متكافلة، ليوفر كل منهما ما يفيد الآخر. وثمة حالات عديدة من هذا التكافل فى الطبيعة مثل الحيوانات أو النباتــات التــى نسميها بالطفيلية "**parasites**". ونحن لن نحتاج للنظر إلى أبعد من نظامنا الغــذائى

(*) وهى عبارة عن مكونات دقيقة داخل الخلية تأخذ الشكل الكروى أو العصوى وتعد من المراكز المهمة لتوليد الطاقة الناتجة عن أكسدة المواد الغذائية ومفردها «مُتقدِّرة» "mitochondrion" (المترجم).

الذى يعج بحشود كبيرة من الباكتيريا تساعدنا فى هضم الطعام وتمثيله. وفى الوقت نفسه تنعم هى بحياة جيدة. نحن إذن لا يمكننا أن نستمر فى الحياة من دون الميتوكوندريا التى تقوم بدور الوحدات المنشِّطة للخلايا.

هذا، والنظرية الخاصة بأن هذه الميتوكوندريات كانت فى السابق كآفات عضوية مستقلة، يمتد عمرها لقرن من الزمان، ولكن أثيرت من جديد لتتصدر الموقف فى أخريات الستينيات من القرن الماضى بمعرفة لين مارجوليس **Lynn Margulis**. وطبقًا للنظرية فقد استهلت حياتها، مستخدمة نظامها الأيضى وإعادة الإنتاج، على نحو مسالم مع الخلايا المضيفة. ومع تقدم الزمن فقد اقتضى التطور أن يسلبها الكثير من استقلالها الأصلى، ورضخت أنشطتها لصالح الخلية المضيفة، ومع ذلك احتفظت الميتوكوندريات ببعض من مادتها الجينية كذكرى خافتة لاستقلالها السابق.

ومنذ طبعت لين مارجوليس نظريتها، تنامت الأدلة المعضدة لها. والآن يبدو أن الميتوكوندريات ليست وحدها فى هذه الخاصية، فهناك غيرها يعيش داخل الخلية من تلك الكائنات الأنبوبية الشكل **microtubules**(*)، والزوائد الشبيهة بشكل السوط **whip-like flagella**(**) وغيرها، وكذا فإن النقاط الملطخة للأغشية التى تحمى الخلايا من التسمم الأكسجينى، يمكن اعتبارها كآثار ضئيلة متبقية من غزو الباكتيريا. وفى النباتات الخضراء، فإن الأجزاء منها المحتوية على الكلوروفيل، والتى تقوم بالدور الحيوى فى عملية التمثيل الضوئى (المقابلة للأيض فى المملكة الحيوانية)، يمكن بدورها أن تكون مُتحدِّرة عن الباكتيريا المعروفة بلونها الأزرق الداكن **cyanobacteria**. وعلى ذلك فإن بعض أفرع شجرة الحياة ربما تنتهى إلى خلط حياتها مع آخرين عوضًا عن أن تصل فى النهاية إلى فرع ميت أو منقرض.

(*) بنية أسطوانية الشكل (أو أنبوبية) تتواجد من مادة كثير من الخلايا، ويزداد عددها أثناء فترة انقسام الخلايا، كما يشكل عدد محدد منها ما يعرف بالأهداب الخلوية (المترجم).

(**) مستفيد هدبى يوجد فى أهداب أو ما يعرف بسياط الجراثيم المهدبة. (المترجم).

الميادين الثلاثة للحياة:

عندما كنت في المدرسة، علمونا أن الأشياء الحية تنقسم إلى مملكتين كبريين: مملكة النبات ومملكة الحيوان. ولكن بعض الكائنات وحيدة الخلية كالأميبيا **amoebae**، فقد كان ينظر إليها كأشكال بدائية متخلفة وغير متطورة من الحيوانات، ومن المنظور نفسه كانت الطحالب أيضًا تعتبر نباتًا بسيطًا. كما لم يكن يتم تشجيع أى تساؤلات حول الباكتيريا. وللأسف فقد تم تضليلنا. وفى عام ١٩٣٧ قُدِّمت لنا خطة أفضل، حيث قسمت الحياة إلى مادة وراثية غير محاطة بغشاء نووى يحميها وتعرف باسم بروكاريوت **prokaryotes**، وأخرى محاطة بهذا الغشاء وهى الأعلى تطورًا وتعرف باسم إيكاريوت "**eukaryotes**"(*). والأولى منها تكون صغيرة بالنسبة للكائنات العضوية وحيدة الخلية التى تفتقد جزيئات الخلية وبعض البناءات الأخرى المعقدة. إنها تشتمل على الباكتيريا وتقوم الإيكاريوتات بباقى العمل. ولكن ماذا عن تكوينات تتألف فما هو أكبر وأكثر تعقيدًا ككائن عضوى وحيد الخلية مثل الأميبيا، بالإضافة لكل الكائنات متعددة أو كثيرة الخلايا، والتى يمكن التفكير فيها كمستعمرات لخلايا الإيكاريوتات. ولو أن تكاثر متعددات الخلايا لم يبدأ إلا منذ حوالى ٦٠ مليون سنة، لقد مهدت تلك الإيكاريوتات الطريق إليها فى وقت أبكر من هذا.

(*) وقد أُستخدم هذا المصطلح prokaryote لأول مرة بمعرفة العالم الفرنسى شاتون للدلالة على خلايا ذات مادة وراثية لا يحميها غشاء نووى، وجينات المادة الوراثية فى هيولى الخلية. وتقابلها أنوية ذات تطور عالى الدرجة وتكون مغلقة بأغشية نووية تحمى المادة الوراثية بداخلها وهى التى يسبق تسميتها الحرفان eu، ويعنيان عند استخدامهما فى بداية الكلمات «الأفضل» أو «الأحسن». (المترجم).

إن الشجرة الموضحة بالشكل (٣-١) تخطيطية بالكامل، ومن حسن الحظ أنه يمكن عملها بوجه كمى آخر للمسألة حيث تظهر الفروق الجينية بين الأفرع. وذلك لأن الخلية عرضة لكى تنسخ أخطاء فى وقت إعادة الإنتاج، ومن الناحية المبدئية فإن الخلايا المتشابهة من الناحية الجينية، ربما تندفع بعيدًا عن تلك الأخطاء وذلك إلى حين تأخذ عملية التحوير أو التبديل فى الإحياء العضوى، طريقها للاستكمال عبر تتابع الزمن، فإذا ما تمت عملية التحور، فإن نوعًا جديدًا يظهر. وكقاعدة عامة، فإنه كلما كبر عدد التغيُّرات بين نظامين من الجينات، بَعُدَ وضع النوع فى شجرة الحياة. فعلى سبيل المثال تتشابه جيناتك بالتأكيد مع ما لدى من جينات، ولكنها أقل تشابهًا مع تلك التى لدى القرود، وتظل أقل بالنسبة لما لدى السلاحف، وكذا ما لدى حبة البازلاء من جينات. والفروق بين تركيبات أو تشكلات الجينات من الممكن قياسها بدرجة من الدقة من خلال تقنية تراتب البروتين فى الخلية، وأيضًا عبر الحوسبة الكمبيوترية والنسبة بين المواضع فى شجرة الحياة.

ومن الممكن مقارنة الإجراء نفسه مع دراسة تطور اللغات، فعندما استقر مقاتلو الفايكنج **Vikings** فى أيسلند **Iceland** ظلوا فى البداية يتكلمون بلغة أجدادهم الإسكندنافيين، ومع الوقت وقلة اتصالهم بباقى الأراضى الأوروبية، تأكد تحول أيسلند إلى تلك اللغة، حتى أصبحت الآن معتبرة كلغة منفصلة بذاتها، وأن ذلك يعتبر حقًا لها. ولكن لو عُدْتَ للخلف خمسمائة عام، فإن الفروق لم تكن كبيرة. ودرجة التشعب أو الاختلاف بين اللغتين تعطينا مقياسًا يدلنا على أى مدى تطورت كل من الأُمَتين بشكل مستقل عن الأخرى.

وقد أجريت دراسة منذ ٣٠ عامًا بشأن البروتين المسمى «سيتوكروم س.»[*]: "**cytochromc C.**" والذى يستخدمه العديد من الكائنات العضوية بما فيهم البشر. وكما سأصف الموضوع تفصيليًا بعد قليل، فإن كل البروتينات تتكون من

(*) وهو أحد أفراد عدد كبير من الأصبغة الحيوية الواسعة الانتشار فى الأنسجة الحيوانية والنباتية والتى تلعب دورًا مهمًا فى عمليات الأكسدة وتعنى الإلكترونات. (المترجم).

وحدات جزيئية تسمى الحامض الأمينى "amino acids"، والسيتوكروم C يتكـون من مادة متنوعة إلى عشرين نوعًا منها تقريبًا. وبمقارنة تراتبات الحامض الأمينى فى السيتوكروم C المأخوذ من أنواع مختلفة، فإن تقديرًا يمكن إنشاؤه حـول مُـدَد التطور التى ارتحلت من نوع إلى آخر. ولكـى أعطيـك مثـالاً متماسـكًا، فـإن السيتوكروم C البشرى يتماثل مع قرينه المأخوذ من الريض "rhesus" (وهو قـرد هندى قصير الذيل: المترجم)، فى ما عدا نوع واحد من الحامض الأمينـى، فـى الوقت الذى يوجد فيه ٤٥ فرقًا بين البشرى منه والمأخوذ من القمح. الكل تقريبًـا يعلم بأننا البشر أكثر انتسابًا للقرود، بالمقارنة مع انتسابنا للقمح، وهذه الدراسة التى تحدثت عنها تطلعنا إلى أى مدى يكون ذلك. والنقطة المهمة فى الأمر أنه، ولو أن ثمة فرقًا كبيرًا بيننا وبين القمح، إلا أننا نشترك معه بدرجة كافية. وبالنسبة لبنـاء جزيئات السيتوكروم C، فهى تؤكد أن لنا فى البدء سلفًا مشتركًا.

وبشكل عام، فكلما ابتعد نوعان من الناحية الجينية، أعنى بهذا أنهما انقـسما وتم تحولهما منذ أمد طويل فى إطار شجرة الحياة. (ومن سوء الحـظ أن عمليـة التحول التطورية هذه تستغرق آمادًا طويلة مـن الـزمن)، وطالمـا أن الإحيـاء العضوى لا يقع بشكل له هيئة أو ترتيب معين فى التاريخ. فإن تحديد وقائع بروز الأفرع، هو من قبيل الأمور الصعبة.

وفى أواخر سبعينيات القرن الماضى أُجريـت أبحـاث وطبقـت بأسـلوب منظومى على بروتين والحامض الجزيئى لميكروبات بعينها، كما خـضعت لهـا أنواع أكثر تعقيدًا ومن رتب أعلى. وكان فى مكان الريادة بين الباحثين فـى هـذا المجال كارل وويز **Karl Woese** من جامعة اللينويز **Illinois**، إلا أن أبحاثـه لـم تترك إلا أثرًا قاصرًا أو قليل الأهمية. وكان البيولوجيون قبله، قد افترضوا بـشكل طبيعى أن البروكاريوتات قد فاقت فى أهميتها الإيكاريوتـات لعـدة بلايـين مـن السنين، وأن هذا الوضع يجعل الأولى فى مجال الزهـو لانتـسابها إلـى الـساق الرئيسية لشجرة الحياة المعروفة لنا. والاثنان معًا بشكل أساسى قد اعتراهما خلـل

ما. إلا أنه وجد أنه ليس ثمة اثنتان من مجالات الحياة، وإنما ثلاثة كبار. وهو ما عرف فيما بعد على أن البروكاريوتات تطوق مستويين متميزين عن بعضهما، من حيث التركيب الجينى للخلايا، مطلقًا عليها اسم. «إيباكتيريا» **eubactria**(*) وأرشى باكتيريا **archae bacteria**(**). ومن قِبل كارل فقد صنفت الأرشى باكتيريا، على نحو خطأ، على أنها نوع غريب من سلالات الجراثيم. إلا أن كارل أظهر لنا أنه على الرغم من مظهر الأرشى باكتيريا المضلل باعتبارها تشبه الجراثيم، فإنها بمصطلحات الكيمياء العضوية مختلفة تمامًا، كما يختلف الإنسان عن الديدان المعروفة باسم إى-كولى **E.coli**(***).

هذا، واقترحت أبحاث كارل أن تعاد تسمية المجالات الرئيسية للحياة:

١. أرشيا **archaea** (وهى تفيد أن شيئًا فى بداية تشكله أو قديم – المترجم).

٢. باكتيريا **bacteria** (الجراثيم).

٣. إيكاريا **eucarya** (وتعنى النواة أو الخلية السوية بلا نقصان أو تَزيّد فى تركيبها – المترجم).

وقد انشطرت بعيدًا عن بعضها منذ أكثر من ثلاثة بلايين من السنين، ومن ثم فإن هذا التشعب الثلاثى الأفرع فى شجرة الحياة قديم وعميق فى التاريخ، وربما وقع بعد بدء الحياة بقليل (انظر الشكل ٣-٢). وهذا هو الذى أبرز فورًا أهمية السؤال الذى لم يتم حله بعد عن كيف لهذه المجالات الثلاثة أن تموضعت على شجرة الحياة؟، وأيًا منها كان الفرع الأسبق من غيره؟ وكان من أبرز الأدلة فى

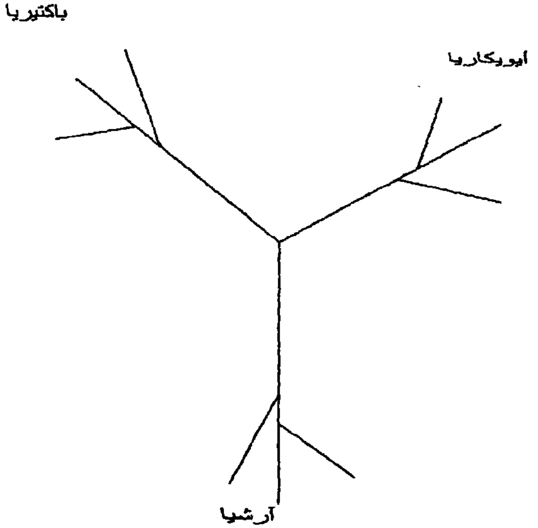
(*) رتبة من الجراثيم تتألف من خلايا بسيطة غير متمايزة كروية أو عصويّة الشكل.

(**) جراثيم بدائية أو فى بداية تشكلها قديما.

(***) واسمها الكامل escherichia coli ومسماة لدينا «إسكاريس»، وهى واحدة من بين ديدان عديدة تعيش فى أمعاء الثدييات، ولأنها تتكاثر عن طريق الانقسام البوغى فهى وافرة جدًا (تتراوح أعدادها فى الغائط اليومى الآدمى ما بين ١٠٠ بليون و ١٠ تريليونات) ويكفى فى القضاء عليها وتثبيط تكاثرها الغليان البسيط أو البسترة (التعقيم)، وهى تتكاثر فى الأماكن الدافئة وتنمو فيها. (المترجم).

هذا المجال ما نتج عن أبحاث كارل ستيتر "Karl Stetter" من جامعة ريجنسبرج "Regensburg" بألمانيا، وكل من نورمان بيس "Norman Pace" وسوزان بارنز Susan Barns من جامعة أنديانا[٤] "Indiana" اقترحوا: برسمٍ إيضاحيٍ، كالذى يبدو بالتقريب فى شكل (٣-٢).

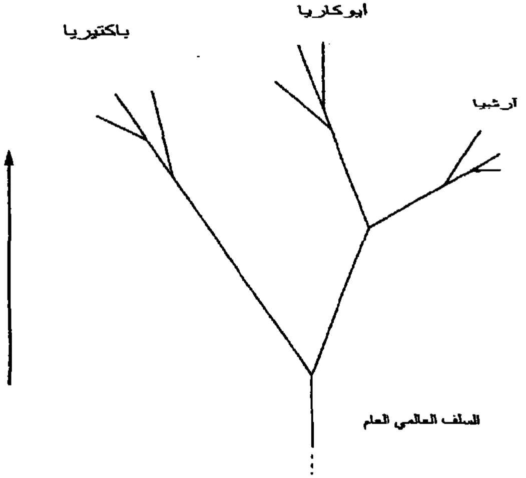
وليس لدى البيولوجيين أى شك فى أن مجالات الحياة الثلاثة يجمعها فى الأصل سلف واحد. وبالرغم من الانقسام الحالى بين المجالات الثلاثة، فإن الطابع الجينى وأدوات أو أجهزة التمثيل الغذائى هى نفسها، كما يتشاركون فى كثير من التخصصات المعقدة. ومن هذا يتضح أن الأصل العام لها جميعًا كان كائنًا عضويًا غاية فى التعقيد، وليس جوهرًا بدائيًا ظهر للوجود مؤخرًا. ولقد أشرت فى الفصل السابق إلى أن هذا السلف العام ليس هو أول من كان حيًا. وإذا كان هذا الأخير على صلة ببث الحياة للمجالات الثلاثة، فلا شك سيكون موقعه عند القاعدة الحقيقية لشجرة الحياة.



(شكل ٣-٢)

تقنية التتابع الجزيئى تظهر أن الحياة الأرضية تنقسم إلى ثلاثة مجالات متميزة عن بعضها البعض، كل جزيئات الكائن العضوى، هى بالتحديد تابعة لمجال الإيكاريا "eucarya"

هذا وقد أحدثت تقنية تعاقبية الجزيئات ثورةً فى مجال دراسة الميكروبات، كما سلطت الضوء على غوامضَ جديدة بشأن بدايات الحياة. ومن تأثيراتها مثلاً أن جعلت ثمة فائدة للأحفورات الجزيئية الكامنة فى الخلايا الحية. كما تشير النتائج إلى امتداد تاريخ المجالات الثلاثة للحياة مع أعمق تفرعات فى الأنواع، والتى وقعت عبر الثلاثة بلايين سنة الماضية، وكيف وقع هؤلاء الباحثون وما وجدوه، فى خانة أو ساحة الأساليب التقليدية فى النظر فى أحافير الصخور القديمة.



(شكل ٣-٣)

أحد التحديات الكبرى لعلم الميكروبيولوجى يتمثل فى موضعه أصل شجرة الحياة فى اتصالها بالتشعبات الثلاثة التى رصدها مخطط الشكل (٣-٢). فى الشكل عاليه فإن السلف العام (المشترك) يقع فى مكان ما بين الباكتيريا والآرشى.

أقـــدم أحفورة صخرية:

تعتبر منطقة البلبارا **Pilbara** فى غرب أستراليا واحدة من أعلى مناطق العالم حرارة، وأكثرها انعزالاً، وأقلها من حيث الكثافة السكانية. وعلى بعد حوالى

٤٠ كيلومترًا غرب مدينة ماربل بار **Marble Bar** يــقع المســمى خطأً «السمات الجــيولوجية للقطــب الشمالى» **geological feuture of North Pale**. وفى المنطقة الحافلة بالهضاب من هذا الموقع وفى عام ١٩٨٠، اكتشف طالب الجيولوجيا جون دنلوب **John Dunlop** أقدم أحفورة صخرية معروفة فى العالم. وبداية: فإنها لم تكن تشبه كثيرًا الأحفورات. لا توجد هنا أصداف حجرية متبقية من بعض الرخويات المنقرضة ولا واحدة من المفصليات المنقرضة ثلاثية الفصوص، وإنما فقط بعض الهضاب الركامية الغريبة. وهذه البناءات تشكلت حين ضمت الباكتيريا المائلة للزرقة جدائل من الحبوب المعدنية، تراكمت على بعضها طبقة فوق طبقة مشكلة سلسلة من الأكمات شبيهة بالوسائد **cushion-shaped**، وهى تماثل ما يمكن العثور عليه اليوم فى حالة تشكل على بعد ٥٠٠ كم تقريبًا من القطب الشمالى عند ما يسمى خليج القرش **Shark Bay** على الشاطئ الغربى لأستراليا[٥]، وهى أيضًا كانت قد تشكلت فى المادة التى ترسبت فى البحيرات البركانية الناجمة عن الأنهار الجليدية، والتى يُعتقد أن عمرها يرجع إلى ٣,٥ بليون سنة. وبعد عثور دنلوب على أحفورته بوقت قصير عثر فريق من الأحاثيين (علماء الأحفورات الآثارية) **palaeontologists** من كاليفورنيا يقوده ويليام شوب **William Schopf** على علامات أحفورات ضخمة منفردة لميكروبات لها نفس العمر الزمنى، بالقرب من تلال واراوونا **Warrawoona**[٦]. وبدت هذه الأحفورات كأجزاء رفيعة من شعيرات مطمورة فى الصخر الصوانى غير النقى **chert**، ومال الاعتقاد أو الظن إلى أنها من الباكتيريا الزرقاء المتكونة فى بحيرة قديمة أدفأتها حرارة الشمس[٧].

وبالاتجاه شمالاً من منطقة بلبارا، فإن أقرب مدينة معقولة هى مدينة داروين **Darwin**، والتى سميت باسم ذلك العالم العظيم. وكان داروين قد أصابته الحيرة للغياب الظاهر لأحفورات الفترة السابقة عن العصر الكامبريانى **Cambrian**، أى قبل ٦٠٠ مليون سنة مضت. كانت الأحفورات هناك بالفعل، ولكن قبل العصر

الكامبريانى كانت المخلوقات صغيرة لدرجة يصعب معها تعقبها وتحديد مواقعها بمعرفة صائدى الأحـــفورات العاديين. وحـــتى خـــبراء الأحاثة المحترفين، والذين تعضـــدهم الحـــكومة (وزارة التقنيـــة الفنية)، لم يكشفوا إلا عن مواقع قليلة تضم أحفورات صغيرة بحجم المايكرو **micro** أقدم من ٢,٥ بليون سنة، وظلت مستمرة فى مواقعها.

إذا كان قد تم تعريف الأحفورات المتناهية الصغر التى وُجدت فى واروونا على نحو صحيح بأنها باكتيريا زرقاء، فإن ذلك يعنى أن الحياة قد اكتشفت التمثيل الضوئى **photosynthesis** مبكرًا، منذ حوالى ٣,٥ بليون سنة مضت. والتمثيل الضوئى عملية كيميائية معقدة ومميزة، حتى إن الكائنات العضوية فى واروونا كانت بالفعل لها صلة بالأمر، وأن مزيدًا من بعض السلف البدائى قد عاش طويلاً قبل هذه الفترة.

ولكن هل تركت حقًا هذه الميكروبات أى أثر لها؟

الفرصة محدودة فى العثور على أحفورات صغيرة سليمة لم يسبق مسها فى منطقة غرب أستراليا. ومن حسن الحظ أن ثمة طرقًا حاذقة ورقيقة أخرى، حيث استطاعت هذه الأحياء العضوية أن تترك بصمات لها فى الصخور: بتبدل أو تغيير التركيبة الكيميائية. وعلى سبيل المثال ما يمكن لوحدة ذات طابع **ecosystem**(*) فى منطقة بحرية ضحلة المياة وذات عمق قليل، أن ترصد ما يمكن أن تكون قد وضعته مواد عضوية فى الترسبات الكامنة فى القاع، منشئة طبقات من الرواسب الغنية بالكربون، فيما يشبه جبانة للميكروبات. وشىء من هذا، ربما هو الذى حدث فى التَشَكُّلات الأشبه بالأصفاد الحديدية فى إيسوا **Isua** بجرينلاند **Greenland**. حيث كان الرائد فى مجال دراسة التكوينات الكربونية لهذه الصخور هو مانفرد

(*) وتمثل إحدى الوحدات البينية الموجود بها كائنات حية وتحيطها كائنات غير حية، لقياس ما بينهما من تأثر وتفاعل متبادل، وذلك فى بقعة محدودة. (المترجم).

شيدلوسكى **Manfred Schidlowski** من معهد ماكس بلانك للكيمياء بألمانيا، والذى استنتج من هذه الدراسات أن الحياة مُورست منذ حوالى ٣٠ مليون سنة، قبل أن تستقر حفريات بلبارا فى مكانها.

وقد جاء الدليل على الحياة من «إيسوا» عبر قياسات حذرة ودقيقة مع نظائر لها لمعرفة نسب الكربون. وذرة الكربون المعتادة تحتوى على ٦ بروتونات، و٦ نيترونات، وعلى ذلك فهى تصنف كربون ١٢، ^{12}C، بينما بعض الذرات تحتوى على ٧ نيترونات بدلاً من ستة ولذا يتم تصنيفها: كربون ١٣، ^{13}C، ومن الناحية الكيميائية هما متطابقان ويعرفان حاليًّا على أنهما نظيران. هذا وتفصل الحياة كربون ١٢ لأنه خفيف قليلاً وتفاعله أسرع، وكنتيجة لذلك فإن الحياة تميل لعزل الكربون الأخف، وبذلك تثرى أى ترسبات قد تندفن فيها. أما الكربون ١٢ فى صخور بلبارا فقد كان أعلى بنسبة ٣٪ درجة، وفى إيسوا فقد كان أعلى بدرجة واحدة.

قاد مؤخرًا جوستاف أرهينيوس **Gustaf Arrhenius** من معهد سكربس للأوقيانوغرافيا فى كاليفورنيا **the Scripps institute oceanography in California** فريقًا مزودًا بتقنية عالية لدراسة النظائر الكربونية والنسب بينها فى صخور إيسوا. وبتوظيف الميزة المعروفة والخاصة بمجس متناهى الصغر **micro** قادر على قياس الطيف، استطاع الباحثون تحليل كميات ضعيفة للغاية من الكربون فى حبيبات صغيرة إلى درجة ١٠ مايكرومترات من بين وزن ٢٠ تريليونًا من الجرام، وادّعوا بعثورهم على «توقيع» بما يعنى أثرًا أو طبيعة للحياة. وكان قد تم جمع الصخور من جزيرة أكيليا ***Akilia***، القريبة من إيسوا وتم نسبتها إلى، على الأقل، تاريخ يرجع إلى ٣,٨٥ بليون سنة سابقة[٨]. وهذا التاريخ يمكن مقارنته بعمر الأرض، ٤,٥٥ بليون سنة، والتى تحددت عبر قياسات النشاط الإشعاعى. فإذا ما كانت الحياة قائمة منذ ٣,٨٥ بليون سنة فإن هذا يعنى أن كوكبنا ظل مسكونًا طوال ٨٥٪ من تاريخه.

وربما توصف بحوث الأحافير المسجلة على أنها اقتراب يمثل أعلى ما هو سفلى **top-down** بالنسبة للبحث البيوجينى. وبدءًا بما هو معروف عن الحياة اليوم، فنحن نحاول تتبع الطريق الذى اتبعه التطور بالعودة إلى ماضى الزمان، وهبوطًا فى الحجم بالنسبة لأبسط الكائنات العضوية والآثار الأسبق زمنيًا، إلا أن التسجيلات تتلاشى فى ضباب الغموض. وفى وقت أسبق من ٣,٥ بليون سنة وقد يصل إلى ٣,٨ بليون سنة، قام أول كائن عضوى بسكنى كوكبنا فى مكان ما منه. ولكن أين؟ وماذا كان شكله؟ سوف أبرز هذه الأسئلة عندما أعود لطريق قمة ما هو سفلى فى الفصل السادس ولكن الآن أريد أن أعرج على البديل: الاقتراب لقمة ما هو علوى. والفكرة هنا هى أن نسأل ما الذى نعرفه من أحوال الأرض الشابة ومشارطاتها، وبعدها نحاول أن نبنى الوقائع الفيزيائية والكيماوية التى ضغطت الزناد وأشعلت بدء الحياة منذ هذه السنوات التى مضت.

تلقائية أو عفوية التكاثر:

من المعروف أن العلم يرفض المعجزات، حتى ولو كانت قد وقعت بالفعل. وبالرغم من حقيقة أن الأحياء الجينى يبدو للبعض نوعًا من الإعجاز الفعلى، فإن نقطة البدء فى أى بحث علمى يجب أن تكون افتراض أن الحياة بزغت على نحو طبيعى، من خلال تتابع من عمليات فيزيائية عديدة. وعلى الرغم مما يبدو أقرب لعدم عثورنا مطلقًا على ما يفيد ما الذى وقع بالضبط، فربما نستطيع الاستدلال على طريق كيميائى ظاهر التصديق أو الوثوق به يؤدى بنا من العمليات الكيميائية البسيطة إلى الحياة. بالطبع ربما هناك طرق عديدة مختلفة للحياة كما نعرفها، وعدّة أشكال بديلة لها. ومن المفهوم أن العلماء سيكونون قادرين يومًا ما على إنشاء حياة من نوع ما فى المعامل، هذا يؤكد اقتناعنا بعدم الحاجة إلى معجزات.

ومع ذلك نظرًا لافتقارنا للمعلومات وجهلنا بها حاليًا فإن كل ما نأمله، هـو قليل من العلاقات أو الإشارات لمفتاح الخطوات الكيميائية التى قد تكون على صلة بالأمر. وبعض الناس يرون أن مجرد الإشارات أو العلامـات تعتبـر غيـر ذات جدوى، وأن الموضوع يعد أكثر عمقًا ومشهدية ليستحق حث المضى فيـه. وهـذه نظرة أعتبرها ضيقة وقصيرة. ربما ظل البحث فى أصل الحياة مفتقـدًا معلومـات ذات قيمة، حتى فى غياب تقدير تفصيلى لكيف بدأت الحياة بالفعل. وبصفة خاصة فربما نكون قادرين على إجابة السؤال عن كيف يشبه أو لا يشبه أن تكون الحيـاة تلقائية أو عفوية. وإذا ما أصبح ذلك أكثر احتمالية، فإننا نستطيع القول بأن تكـون الحياة قد ظهرت فى مكان آخر من الكون أيضًا. وعلى الناحية الأخرى فـإذا مـا كانت الخطوات الكيميائية قد أصبحت غير محتملة الحدوث بدرجة عالية، فسنكون وحدنا فى هذا الكون.

وأيًا ما كانت حقيقة العمليات المتتابعة الكيميائية فلا بد أن الحيـاة تـشكلت كنتيجة لنوع ما من التركيب التشابهى الذاتى للجزيئات. ومصطلح التركيب الـذاتى هذا **self-assembly** يبدو أنه ينضوى بدوره على حلقة سحرية، ولكنهـا ملحوظـة مألوفة لدرجة الابتذال. ذلك أن المجرات والبللورات تظهر أو تبرز للوجـود مـن خلال التجميع أو التركيب الذاتى، وهذا على سبيل المثال وليس الحـصر، وأعنـى أنهما ينشئان نفسهما من حالة سابقة مبدئية تتسم باللا نظام وافتقاد السمات. ولـيس ثمة قوى حاسمة تدير أو تقود محتوياتها إلى الشكل النهائى. وإنما فقط تقوم بـذلك عمليات الفيزياء العادية. ولذلك يفترض البيولوجيون أنه يمكن تطبيـق ذلـك فـى مجال الحياة حتى ولو كانت أبسط أشكال الحياة، هى بذاتها فى غاية التعقيد.

ومعتقد التكاثر التلقائى هذا، له تاريخ طويل يرجع على الأقـل إلـى أفلاطـون **Plato**. وفى القرن السابع عشر ساد الاعتقاد بأن كثيرًا من أنواع الكائنات الحية يمكـن أن تتكاثر من جديد فى ظل الظروف الملائمة، وعلى سـبيل المثـال كـان يعتقـد أن الفئران الناضجة يمكن أن تنشأ من كومة من الملابس الداخلية المتـسخة أو القمـح(٩).

كما أن هناك وصفات أخرى مفضلة مثل الشرابات القديمة واللحوم المتعفنة والتى تظهر فيها، وبشكل وافر، أنواع من «القمل والهوام» وأيضًا اليرقات.

واليوم تبدو هذه القصص على درجة من السخف، ولكنها استدعت أن يقوم عالم فى مقام لويس باستير **Louis Pasteur** بحسم الأمر. ففى عام ١٨٦٢، وفى مناسبة الاحتفال بجائزة عامة أقام باستير عدة تجارب حذره ليستدل منها على أن الكائنات العضوية لا تأتى إلا عبر كائنات عضوية أسبق. أما الكائن العقيم غير المثمر، هكذا ادعى، فسيظل أبدًا كذلك. وأضاف مفتخرًا[١٠] «لن يشفى أبدًا معتقد التكاثر التلقائى أو العفوى من الضربة القاضية التى وجهتها له هذه التجربة البسيطة!».

ومع أهمية هذا الاستعراض للأمر، فإن النتيجة التى توصل إليها باستير وقعت فى تناقض مع نظرية دارون عن التطور. مُجَلَّده الأشهر وذائع الصيت «أصل الأنواع» "**The Origin of Species**"، والذى نشر قبل ثلاث سنوات من إجراء باستير لتجاربه، ذهب دارون إلى رفض التصديق بالحاجة إلى معجزة لخلق أو إنشاء الأنواع، من خلال إظهار كيف يتحول النوع إلى نوع آخر. ولكن تقديرات دارون تركت الباب مفتوحًا لمشكلة كيف بدأت الحياة فى المقام الأول. ومن دون وجود الحياة بشكل دائم، فعلى الأقل هناك نوع واحد والذى كان فى البدء فهو إذن لم يجئ من تحوله من نوع أسبق، وإنما فقط بالتحول من مادة غير ذات حياة. وقد كتب[١١] دارون بنفسه بعد عدة سنوات «لم ألتق بأى دليل يستحق أن يصادق على الفكرة المسماة: التكاثر التلقائى». وبعدئذٍ فإنه فى غياب الدليل فإن أصل الحياة يكمن فى نوع من التكاثر التلقائى. ومع ذلك، فإن نظرية دارون فى التطور، وأيضًا نظرية باستير القائلة بأن الحياة تولد من شىء حى بدوره، كلتيهما لا يمكن وصفهما بأنهما قد كُتبتا بشكل جيد.

دارون نفسه كان إلى حد ما يضع مسألة أصل الحياة هذه فى درجة متساوية مع بحثه فى التطور (انظر الاقتباس فى مستهل هذا الفصل)، ولكنه أعطانا بذرة

هذه الفكرة فيما كتبه عبر رسالة شهيرة تخيل فيها[١٢] بركة صغيرة دافئة تحتوى على كل أنواع الأمونيا **ammonia**، والأملاح الفوسفورية **phosphoric salts**، والضوء، والحرارة، والكهرباء... إلخ، وربط بين هذه البركة وعملية التخمير التى تكون قد وقعت، وعبر فترات هائلة من الزمن، فربما تكون الحياة قد تشكلت من عمليات كيميائية معقدة. ونتيجة هذه المناظرات تأجل التفكير فى هذا المنحى من الموضوع لقرن تالٍ من الزمان.

فى ذلك الوقت تعرضت فكرة بزوغ الحياة تلقائيًا من خليط كيميائى غير حى لنقد عنيف من قبل الثيولوجيين، وحتى من قِبَل بعض الفيزيائيين، حتى إن الإنجليزى البارز لورد كيلفن **Lord Kelvin** استبعد الفكرة كلها[١٣]. «باعتبارها تأملاً قديمًا» وعبر عن رأيه: «أن العلم قد قدم لنا كمية هائلة من الأدلة الاستدلالية، والتى تقف ضد هذه القضية». ومعلنًا رأيه – من دون أى لبس أو محتوى له معنيان – «بأن المادة غير الحية لا يمكن أن تصبح حية، دون الخضوع لتأثير مادة حية أسبق منها». وهذا لا يدع لنا سوى خيارين، إما أن الحياة كانت دائمة الوجود، وإما أن ظهورها كانت وراءه معجزة.

ولم يتغير الأمر إلا قليلاً، حتى جاءت العشرينيات من القرن الماضى ومن خلال أعمال ألكسندر أوبارين **Alexander Oparin** فى روسيا، و ج.ب.س هالدين "**J.B.S. Haldane**" فى إنجلترا، إذ استطاع كلاهما أن يميزا أن من السذاجة أن نقترح نشوء الحياة فجأة عبر عملية واحدة ومنفردة كرد فعل مدهش لها. ولقد أخذا مفتاح الفكرة من داروين، بافتراضهما أن الأمر قد استغرق فترة تطور طويلة اقتضت تتابعًا لعمليات كيميائية متدرجة أدت لظهور أول ميكروب وأثناء هذه المرحلة القبل بيولوجية، فإن شيئًا تحديدًا قد حول بنجاح خليط من الجزيئات إلى تركيب أكثر فأكثر تعقيدًا كرد فعل، حتى حدث فى النهاية نشوء السمات الأساسية لكائن عضوى حى.

وفضلاً عن «بركة» داروين الصغيرة، فقد تصور هالدين كل محيطات الأرض كإطار للأحداث، حيث تقوم الأمطار بتبليل المسطحات القاحلة، والتى بالتالى تغسل كل ما هو كيميائى الأسلوب دافعة به إلى البحر، ليتركز هناك حتى إننى سأستخدم العبارة التى صرح بها هالدين: «أن يصل السائل إلى حالة (شوربة) مخففة بالماء ومتماسكة». وقد أمسك الآخرون عليه هذه العبارة وصكوها فى عبارة «الشوربة الأصلية أو الابتدائية» "**the primordial soup**" منذ ذلك الحين.

وتعددت التنوعات عبر السنين التى ناقشت ماذا وأين كانت هذه «الشوربة». هل كان المحيط هو المَعْنِى، أو مجرد بركة كما اعتقد داروين؟ هل كان كهفًا مستترًا أو كان نفقًا تحت سطح الأرض؟ وماذا عن نبع ماء حار لدرجة الغليان أو فتحة بركان تحت قاع البحر؟ أو قطرات صغيرة من الماء احتجزها الهواء وتركها معلقة؟ ربما أيضًا لم تكن «الشوربة» فى أى موقع على الأرض إطلاقًا، وتولدت داخل مذنب أو كوكب صغير. كل هذه الأفكار تم اقتراحها بجدية وظل أغلبها كوسيلة ربط محضة. ورغم أن هذه الآراء تختلف كلية عن بعضها البعض، فإنها تتشارك فى أمر واحد، فهى جميعًا تتطلب سائلاً مائيًا ومزينًا بجواهر ملائمة فعلية، وانكشف أو تعرض لمصدر طاقة، ليقود ردود الفعل أو التفاعلات الكيميائية إلى الأمام.

وكان لهالدين وأوبارين رأى مختلف عن التتابع الحقيقى للأحداث، ويطوق عملية الانقسام فى الموضوع، والذى ظل باقيًا حتى اليوم. وحيث يتعلق الأمر بمدى المعلوماتية لدى الخلايا. كل الكائنات العضوية المتناهية الصغر تكون منفصلة عما يحيطها بغشاء (حيوانى أو نباتى) أشبه بالحائط الحافظ للخلية، إذ سيكون بالطبع من الصعب تخيل حياة من دون أسوار محيطة من نوع ما. والسؤال هو أين برز هذا البناء الخلوى: قبل أو أثناء أو بعد الخطوات الكيميائية المبدئية؟

بينما ركز هالدين الضوء على كيميائية «الشوربة"، كان أوبارين أول من نادى بالخلية. وكان متأثرًا أو لديه انطباع بأن العناصر الزيتية لا تختلط بالماء،

وأحيانًا ما ينتج عن الخليط نوع من المادة العالقة تعرف بشكلها المكافئ للشكل العنقودى **coacervate**، وحيث يطفو الزيت متجمعًا فى قطرات رفيعة وصغيرة. هذه «الفقاقيع» الزيتية تشبه من حيث مظهرها الخارجى الخلايا البيولوجية. لقد افترضت نظرية أوبارين أن البناء الفيزيائى للخلايا لا بد أنه جاء أولاً، وزُوِّد بوعاء خاوٍ، تستطيع فيه الجزيئات أن تستمر فى أعاجيبها. وهذه الفكرة لها قدر من الجاذبية لأن هناك كثيرًا من العمليات الفيزيائية (ليس فقط الزيت فى الماء)، والتى تنتج عنها حويصلات أو بثرات من نوع ما. وأيضًا فالخلايا السائلة أو النقاط أو القطرات يمكن أن تصبح غير مستقرة وتنشطر إلى اثنتين، منتجة شكلاً بدائيًا من إعادة الإنتاج. ولو أن حقيبة مملوءة بالعناصر الكيميائية تضخمت، ثم انشطرت إلى أجزاء، فإن كل «ابنة» للحقيبة الأصلية سوف ترث الخليط الكيماوى لتلك الحقيبة. وقد يكون هذا كافيًا لعمل نوع بدائى من الاختيار الطبيعى. ومهما كان الغشاء الحيوانى أو النباتى، فإنه يحتاج لأن يكون لديه بعض من الخصائص المميزة قبل أن تحبس الجزيئات المؤازرة للحياة داخل الخلية، ولكن تسمح بأن تمر إليها المواد الأولية التى تحتاج إليها من خارج الخلية.

إن فكرة أوبارين بشأن تأصيل أو تجذر أصل الحياة فى تشكل الخلايا، تعكس جزئيًا حالة المعرفة فى تلك الأيام، لأن العلماء فى ذلك الوقت كانوا لا يزالون يناضلون فى حل مسألة عمليات الأيض، والدور الذى يلعبه البروتين فى الخلية، بينما لم تكن لديهم أى فكرة ولو ضبابية عن طبيعة الجينات، حيث لم تكن معرفة البيولوجيا الجزيئية وتركيب الدنا قد قامت وقتئذ. ربما من الطبيعى أن يؤكد أوبارين الوجه الجينى للحياة، وأن يتوجه اهتمامه للهيئة الفيزيائية التى عليها الخلايا – تشكلها وبناؤها – والتى كانت مفهومة له على نحو أفضل. وهذا لا يجعل النظرية الأولى للخلية خاطئة، ولكنه فقط ينذرنا بأننا عندما نضع ما نعرفه فى مركز الاهتمام دون سائر المعلومات الواجب البحث عنها، فإن ذلك يشبه مخاطرة وضع العربة أمام الحصان.

وقد أصبح التنظير فى مجال أصل الحياة يحتل المشهد كله فى عشرينيات القرن الماضى، حيث أعطى البعض الأهمية الواجبة لأفكار كل من أوبارين وهالدين. وحيث قام أحد الكيميائيين الأمريكان هارولد أوراى «**Harold Urey**» والذى كان مقدرًا له الحصول على جائزة نوبل فى أحد الأيام لاكتشافه الهيدروجين الثقيل «**deuterium**"، حيث لاحظ أنه قد يكون ممكنًا اختبار النظرية القائلة بـ «الشوربة المبدئية» فى المعمل. وبعدها بعدة سنوات. وبالتحديد فى عام ١٩٥٣ قام بهذه التجربة الاختبارية بالفعل.

إعادة إنشاء «الشوربة» البدائية أو الأصلية:

كانت تجربة أوراى المحُتفَى بها خلاَّبة من حيث بساطة مفهومها. لقد فكر فى توفير الظروف التى تَصَوَّر أنها كانت سائدة فى كوكب الأرض البدائى، ومراقبة ما سوف يحدث. لقد كان عليه أن يخمن ما كانت عليه الأرض منذ بلايين السنين. معتبرًا أن وجود الماء السائل هو بمثابة رهان عادل، ولكن تركيبة الجو لم تكن معلومة له. ولتقرير أى من الغازات الواجب استخدامها، اقترح أوراى بأن جو الأرض حاليًا لا بد أنه تعرض للتحسن الهائل بفعل الحياة وبسببها، وبصفة خاصة فإن احتواء الجو الأكسوجين، يرجع لعملية التمثيل الضوئى فى النبات. وهكذا استبعد الأكسوجين. وبالفعل كان هذا اختيارًا عاقلاً. ومع أن الناس جعلت للأكسوجين دورًا مساهمًا فى الحياة، فهو فعليًا عنصر خطر يدفع الحياة للتآكل بمعنى أنه يَحتّ فيها، وبالتالى يمثل تهديدًا لمعظم الجزيئات العضوية وقادر على تحطيمها بسرعة (ولا بد أن يعرف ذلك أى مُشعل لحريق). إذا ما كان طور الحياة قبل العضوية، كان كما تصوره كل من هالدين وأوبارين فلا بد أن الأجواء كانت خالية من الأكسوجين الحر. وبناء على كل ذلك قرر أوراى أن يستخدم خلطة من الميثان "**methane**" (غاز المستنقعات والمناجم) والهيدروجين "**hydrogen**" والأمونيا **ammonia**.

ولمساعدته فى التجربة وَظّف أوراى طالبًا شاباذكيا يدعى ستانلى ميللر Stanley Miller كان يتلقى العلم فى جامعة شيكاجو. وقد بدأ عمله بأن ملأ قارورة بالغازات المختارة، بالإضافة لقليل من الماء وأحكم إغلاقها ومرر فيها شرارة كهربائية لتشبه تأثيرات الضوء على العملية، وخلال الأسبوع الذى تلى ذلك عَمَدَ إلى مراقبة الأمر، واندهش لملاحظته أن دورة الماء داخل القارورة تحولت تدريجيًا إلى اللون البنى – المشوب بالأحمر **"reddish brown"**. وكان ميللر فخورًا مبتهجًا حين صرح: «فيما يبدو أن هذه التجربة البسيطة قد نجحت فى إنتاج ما يشبه الشوربة البدائية». وعكف على تحليل السائل وبالتأكيد وجد أنه يحتوى على عدد من العضويّات الكيماوية المعروفة بالحامض الأمينى **amino acid**. وهو ما يمثل أحجار بناء البروتين، ويعتبر من العناصر التى لها قيمة فيما يتعلق بكل الحياة الأرضية.

اُستقبلت نتائج ميللر بحرارة بالغة باعتبارها الخطوات الأولى على طريق إنشاء الحياة فى «قارورة اختبار»، ولقد كان معقولاً أن ينتج الحامض الأمينى فى أسبوع، ولك أن تتخيل ما يمكن أن يحدث لو أن التجربة استغرقت وقتًا أطول. ربما ببساطة تكون مسألة وقت قبل أن يبدأ كائن حى فى الزحف من وسط هذا الحساء ذى اللون البنى المائل للإحمرار. والخلاصة التى انتهى إليها كثير من العلماء هى أن إنشاء الحياة لا يحتاج إلا قليلاً من الكيماويات العادية، فضلاً عن مصدر للطاقة.

وأخيرًا، فإن النشاط الذى أحاط بتجربة ميللر/ أوراى استحال إلى اعتبارها تجربة مبتسرة، وذلك لعدة أسباب متنوعة. ففى رأى الجيولوجيين أن الجو وقت البداية لا يماثل المزيج الذى لجأت إليه التجربة فى قارورة ميللر. إذ من المحتمل أن الأرض اختلف جوها عدة مرات خلال البليون سنة الأولى من عمرها، وليس مُتصورًا أن الميثان والأمونيا قد توفرا كثيرًا فى هذه الأثناء. ولو أن الأرض حازت فى جوها «هيدروجين» بشكل حقيقى، فهو لم يدم طويلاً، وباعتباره من

أخف العناصر، فكان لا بد له أن يتطاير فى الفضاء، ولقد اختار أوراى هذه العناصر لأنها جميعًا تحتوى على الهيدروجين. والكيميائيون يسمون هذه الغازات مختزلة **reducing**، أو تعمل على مبدأ «الإنقاص» وهو المضاد «للأكسدة» **oxidation**، ولأن كل العضويات غنية بالهيدروجين، فإن جوًا متحولاً فى اتجاه الإنقاص يكون لازمًا لإنتاجها. ومع أن التخمين السائد للجو الباكر للأرض هو أنه ليس مختزلاً ولا مؤكسدًا أيضًا، بل إنه كان خليطًا طبيعيًا من ثانى أكسيد الكربون **carbon dioxide** والنيتروجين. وهذه الغازات لا تُمنح أو تُعطى الحامض الأمينى بسهولة أو بسرعة.

والسبب الثانى فى إلقاء نوع من الشك حول معنى تجربة ميللر/ أوراى يتمثل فى أن الحامض الأمينى فى الحقيقة، ليس من الصعب إنتاجه أو صنعه. وثمة تجارب متنوعة ناجحة تم القيام بها حيث استبدلت الشرارة بأتون متأجج، أو مصباح أشعة فوق البنفسجية، أو غازات صادمة أو خليط كيماوى مشحون بالطاقة. وعليه فقد أصبح صنع الحامض الأمينى من الأمور العادية وهو فى الواقع يحدث طبيعيًا فى الشهب وحتى فى الفضاء الخارجى.

هناك أيضًا سبب مبدئى حول لماذا لم تعد تجربة ميللر / أوراى تستحق ما كان لها يومًا ما؟ حيث من الخطأ الحقيقى أن ننظر للطريق إلى الحياة وكأنه يأخذ هيئة الطريق السريع **highway**، بحيث يؤدى بمرور الزمن مباشرة إلى «حساء كيماوى». ربما تكون الأحماض الأمينية بمثابة أحجار البناء للبروتين ولكن ثمة عالمًا كاملاً من الفروق بين أحجار البناء وبناء مُركَّب. لأن مجرد اكتشاف كومة من الأحجار لا يضمن أن هناك مبنى خلف الناصية، وعليه فإن مجموعة من الأحماض الأمينية أمامها طريق طويل جدًا، بعيدًا عن الجزيئات الكبيرة والمتخصصة مثل البروتينات التى تتطلبها الحياة.

وثمة عائقان كبيران يقفان فى طريق التقدم إلى الحياة فى «حساء بدائى». واحد منها أنه فى معظم السيناريوهات يبدو الحساء مخففًا لدرجة كبيرة لا يتسنى له

معها أن ينتج لنا الكثير. محيط هالدين الواسع من الحساء سيكون مخففًا للغاية، بحيث لن يتسنى له جمع المكونات الصحيحة فى نفس المكان وفى وقت واحد ومن دون بعض الآلية لتركيز شديد فى الكيمائيات، فإن تخليق للجوهريات المعقدة يصبح من قبيل الآمال البعيدة، وثمة مقترحات تنسب للخيال قُدّمت فى مجال تكثيف أو زيادة ثخانة السائل المخمر، فمثلاً بركة دارون ربما تتبخر وتتصاعد أبخرتها إلى الفضاء، تاركة نفاية أو زَبدًا ذا كثافة كافية. أو ربما تستطيع السطوح المعدنية مثل «الطين» أو «الصلصال» أو «الوحل» أن تحصر الكيماويات المارة عليها فى شكل سائل متوسط الكثافة وتقوم هذه السطوح بتركيزها. ومع ذلك، فإنه ليس واضحًا تمامًا إذا ما كان أى من هذه الاقتراحات يمثل الواقع إزاء الحياة الفعلية على الأرض فى بواكيرها. كما أننا لم نصادف حالة أشبه بالمرقة أو الحساء احتفظت بها الصخور لتكون هاديًا لنا فى طريقنا الوعرة.

أما العائق الثانى فهو أكثر عمقًا ويعود بنا إلى القانون الثانى للديناميكا الحرارية. ولتستعد فى ذهنك كيف يصف هذا القانون الميل الطبيعى للفناء أو التلاشى التدريجى، وللفساد، والابتعاد عن نشر النظام والتعقيد وثم: فإن تركيب أو اصطناع جزيئات بيولوجية «تسبح ضد التيار»، من زاوية الحديث بمفهوم الديناميكا الحرارية، ولأول وهلة يبدو أن هذا يؤدى إلى تناقض. والحقيقة أنه لا صراع أو تضاد مع القانون الثانى ذاك. وكما شرحت فى الفصل الثانى، فإن النظام قد يظهر فى مكان، مادامت توجد كميات أكبر من اللا نظام، أو الأنطروبيا فى البيئة المحيطة. وهذا هو ما يحدث عندما تتشكل بللورة أو كريستالة خلال السائل المذاب، لأن الكريستال الصلب هو ترتيب نظامى للذرات على غير الحال فى ذات السائل، وعلى ذلك فهو (الكريستال) لديه أنطروبيا أقل. ومع ذلك، فإن تشكل الكريستال يصاحبه تحرير للحرارة التى تنبعث فى البيئة وهو ما يؤدى إلى مزيد من الأنطروبيا. وهكذا فإن الحقيقة الثانية تفوق الأولى وزنًا وقيمة. وهذا ما يحدث بالنسبة لتركيب الحامض الأمينى، فإن تركيبه مفضل فى مفهوم الديناميكا

الحرارية. والسبب فى ذلك يتعلق بقاعدة الطاقة. إذا تسببت عملية ما فى تخفيض الطاقة فى نظام معين، أى لو ذهبت إلى «أسفل التل» ستكون محل مباركة القانون الثانى، أما بالقياس لو صعدت إلى «أعلى التل»، ففى هذه الحالة تكون متحدية للقانون الثانى. المياه تجرى إلى أسفل التل، ولا تصعد إلى قمته. وقد يمكنك أن تجعل المياه تصعد إلى القمة، ولكنه فقط ببذل الجهد من أجل ذلك. وأى عملية تجرى بطريقة تلقائية تكون دائمًا بمثابة الهابطة إلى «أسفل التل». وإنتاج الحامض الأمينى له سمة «الهبوط لأسفل التل»، وهذا ما يجعل من السهل جدًا صنعه.

الآن قد وضعنا يدنا على عقبة خفية: الخطوة الثانية فى الطريق للحياة أو على الأقل الطريق إلى البروتين، هى قيام الحامض الأمينى بالارتباط مع نظائره لصنع جزىء يعرف باسم الـ «بيبتايد» **peptide** والبروتين ليس إلا سلسلة طويلة من البيبتايدات أو متعدد البيبتايد **polypeptide**. وحيث إن التشكل التلقائى للحامض الأمينى من خليط كيماوى غير عضوى هو عملية مسموح بها من زاوية الهبوط «أسفل التل»، أما مضاعفة الحامض الأمينى لتشكيل بيبتايد هى من قبيل عمليات الصعود «لأعلى التل» أى أنها من وجهة نظر الديناميكا الحرارية تتجه إلى الطريق الخطأ. وكل بيبتايد مرتبط بوثاق يتمثل فى احتياجه لجزىء مياه، لكى ينتزع من السلسلة. وفى وسط مائى مثل الحساء أو الشوربة البدائية. فإن هذا لا تفضله قواعد الديناميكا الحرارية. ويترتب على ذلك أن الأمر لن يحدث بصفة عفوية ولا بد لجهد أن يبذل لإكراه جزىء المياه (المستخلص) عبر الوسط المائى المستقر، ومن الواضح أن تشكل البيبتايد، ليس مستحيلاً، لأنه يحدث داخل الكائن العضوى. ولكن هناك رد فعل «أعلى التل» المدفوع إلى أمام باستخدام جزيئات مصنعة حسب الحاجة دون أن يتم شحنها بالطاقة اللازمة للعمل الضرورى. وفى «حساء» كيميائى بسيط، ليست ثمة جزيئات متخصصة فى متناول اليد، لتدعم ردود الفعل دعمًا هى محتاجة إليه. وبالتالى، فإن الحساء المائى يعتبر وصفة لعدم تركيب الجزيئات وليس التركيب الذاتى لها[١٤].

ولنتأكد أنه سيكون هناك نقص فى مصادر الطاقة المتاحة على الأرض فى بواكيرها، وهى الطاقة المتطلبة لإجبار سلاسل الببيتايد على التشكل، ولكن إلقاء تبعه المشكلة على الطاقة ليس حلاً. فنفس مصادر الطاقة التى ستحث الجزيئات العضوية، هى أيضًا التى ستخدم فى تحطيمها وإهلاكها. ولكى تعمل بشكل متعاقب ومترابط منطقيًا، فإن الطاقة المستهدفة يجب أن تكون على قدر رد الفعل المطلوب. وعند إدخال طاقة غير متحكم فيها، مثل طاقة التسخين البسيط، فيبدو أنها ستميل للتحطيم والإهلاك أكثر من اتجاهها للتعاقب والترابط المنطقى. وهذه الحالة يمكن مقارنتها بعامل بناء مجتهد، باذلاً أقصى جهده فى بناء عمود أو نصب تذكارى، واضعًا كل طوبة فوق سابقتها. وكلما ارتفع العمود عاليًا كان معرضًا لحالة من التمايل ومن ثم الانهيار. ومثل هذا بالضبط، فإن السلاسل الطويلة من الحامض الأمينى، المرتبطة ببعضها تكون هشة وقابلة للفصل. وكقاعدة عامة إذا قمت بتسخين أو زيادة الحرارة لكائن عضوى فإنك شئت أم أبيت **willy-nilly**، فسوف ينتهى بك الأمر ليس بسلسلة طويلة ولطيفة من الجزيئات، ولكن بكومة من الجزيئات ملخبطة متلكئة ومتوانية كما يشهد لك صاحب حفلة الشواء!

ومن الصحيح أن القانون الثانى للديناميكا الحرارية ليس إلا قانونًا إحصائيًا، لا يمنع الأنظمة الفيزيائية من الذهاب للاتجاه الخطأ (مثل الصعود لقمة التل)، لكنه يرجح الذهاب فى الاتجاه الصحيح. وعلى سبيل المثال فإنه من الممكن، بل هو قريب من الحدوث، أن تبنى عمودًا من الطوب، بأن تجعل له طرفًا مستدقًا، من الطوب، أيضًا بأن تنتقى مجموعة من الطوب لعمل هذه القمة المستدقة، ولا تندهش إذا انتهت بطوبتين مستقرتين بشكل جيد على واحدة، ولو ثلاث طوبات، سيكون أمرًا مشهودًا، ولكن لو عشر طوبات فسيكون الأمر أقرب للمعجزة. وبلا شك ستضطر للانتظار وقتًا طويلاً، لكى يتحقق صف من الطوبات العشر بشكل عفوى. أما فى حالة رد الفعل الكيماوى العادى الذى يقع بالقرب من حالة الاتزان الحرارى، فإن الجزيئات تهتز بشكل عشوائى، وهكذا ستكون مضطرًا للانتظار

وقتًا طويلاً، لكى يتم تشكل سلسلة هشة من الجزيئات. وكلما طالت السلسلة، طالت مدة الانتظار. وقد تم تقدير المسألة بأنه بعيدًا عن المزايا الذاتية له، فإن حلاً مركزًا من الحامض الأمينى سوف يحتاج قدرًا من السائل بحجم الكون المنظـور حولنـا، لكى يمكنه أن يذهب فى اتجاه مضاد للمد الحرارى. وينشئ قدرًا ضئيلاً من متعدد الببتيدات بشكل عشوائى. ومن الواضح إذن أن الجزيئـات العـشوائية المراوغـة ستكون ذات نفع ضئيل، عندما يشير سهم الاتجاه إلى الطريق الخطأ.

وثمة مهرب وحيد ممكن من الطريق الـضيق المتعلـق بالقـانون الثـانى للديناميكا الحرارية، وهو يتمثل فى مغادرة حالة الاتزان ومشارطاتها الخاصة بـه. وكان البيوكيميائى الأمريكى سيدنى فوكس **'Sidney Fox"** قد قام ببحث مـا الـذى يحدث، حين يتم تسخين خليط من الحامض الأمينى بشدة، وبدفع الماء بعيدًا كبخار، فإن الوصلات بين الحامض الأمينى المكونة لسلاسل الببتيدات سوف تصبح أكثـر تشابهًا. والطاقة الحرارية المتدفقة سوف ترفع الأنطروبيا الـضرورية للانـصياع للقانون الثانى. وبهذا الشكل أنتج فوكس بعض الـسلاسل الطويلـة مـن متعـدد الببتيدات، والتى اصطلح على تسميتها بروتينويد (أشباه البروتينات) **proteinoids**، ولسوء الحظ، فإن التشابه بين بروتينويدات فوكس والبـروتين الحقيقـى سـيكون مخادعًا، لأن البروتين الحقيقى يتكون بصفة خاصة من الحامض الأمينى المتعلـق باليسار (راجع الصفحات الأولى من هذا الفصل)، بينما أشـباه البـروتين المنـتج بمعرفة فوكس، فتتكون من خليط متعادل من الحامض الأمينى المتعلـق باليـسار واليمين معًا.

وهناك أيضًا سبب أساسى، لكى يبدو التشابه العشوائى الـذاتى للبـروتين، وكأن ليس له شرارة بدء. وهذا ليس له علاقة بتشكل السلاسل الكيماوية على النحو السالف، ولكن بالنظام الخاص الذى يرتبط به الحـامض الأمينـى مـع بعـضه. فالبروتين لا يحتوى على أى سلاسل ببيتايدات قديمة، إنها تعاقبات خاصة جدًا من الحامض الأمينى، التى لها خواص كيميائية متخصصة، والتى تتطلبها الحياة. ومع

أن عدد البدائل المتاحة للتغيرات الأساسية في خليط من الحامض الأميني هو عـدد فلكي. فإن جزءًا صغيرًا من البروتين يحتوى على ١٠٠ حامض أميني يوجـد ٢٠ نوعًا منه، نحن إذن أمام $١٠^{١٣٠}$ (والذى يعنى واحدًا متبوعًا بـ ١٣٠ صفرًا) مـن الترتيبات المختلفة للحامض الأميني في جزيء بهذا الطول[١٥]. والاصطدام بواحد صحيح منها، بالمصادفة، لن يكون متاحًا[١٦] ولو تم، لكان من قبيل الأشياء الفذة.

إن العثور على هيئة أو شكل مناسب للحامض الأميني من بين الاسكويليون **squillions**[*] من التشكيلات المتاحة، يمكن التفكير فيه كمعضلة في حجم حيـوان الماموث (المنقرض والذى كان شبيهًا بالفيل) يماثله تعقب موقع في الإنترنـت دون ماكينة بحث. وهذه الصعوبة يمكن التعبير عنها بمصطلحات الـديناميكا الحراريـة باسترجاع العلاقة بين المعلومات والأنطروبيا، والتي سبق شـرحها فـي الفـصل السابق: المحتوى المعلوماتي العالي المتخصص للبروتين والمُمَثَّـل فـي التتـابع الخاص جدًا للحامض الأميني، يحتاج إلى تراجع كبير في الأنطروبيا أثناء تـشكل الجزيء. ومرة أخرى، فإن مجرد الحقن غير المسيطر عليه أو متحكم فيه بالطاقة لن ينجز النتيجة المنظمة التي نحتاج إليها. وبالعودة للمشابهة التي أجريناها بحالـة بناء طبقات من الطوب، فإن صنع البروتين ببساطة بفتح طاقة تشبه تفجيرًا تُجريه تحت كومة من الطوب، متوقعًا أن ينتظم الناتج في شكل بيت. ربما يمكن تحريـر طاقة تكفي لترفع الطوب، ولكن دون أن تقترن الطاقة مع الطوب بطريقة مـسيطر عليها ومنظمة، فلن يكون هناك سوى أمل ضعيف فـي إنتـاج أي شـيء سـوى اللخبطة العشوائية. وهكذا، فإن صنع البروتين برجرجة الحامض الأميني عشوائيًا، سوف يؤدى بنا بتعبيرات الديناميكا الحرارية إلى مضاعفة المشاكل أو المتاعـب. ليس فقط هزهزة الجزيء للاتجاه «صعودًا لقمة التل»، بل تجب هزهزته في اتجاه شكل شريحة متناهية الصغر من العدد الكلي للخلطات الممكنة.

(*) squillions اسكويليون هي مرادفة لكلمات شبيهة مثل زيليون وغيرها مما ينتهي بحروف (يون) فإنها جميعًا تستخدم للتعبير عن رقم لا نهائي، لا ترجى منه فائدة.

حتى الآن كنت أتكلم عن صنع البروتينات عن طريق وصلات الحامض الأمينى فى شكل بيبتايدات. ولكن البروتين هو جزء صغير من النسيج المعقد الصعب فهمه للحياة. هناك الليبيدات **lipids**(*) والحامض النووى **nucleic acids** والريبوسومات **ribosomes**(**)... إلخ. وهنا نكون قد أصبنا نقطة أخرى أو عقبة خفية. حيث من الممكن أن يستخدم العلماء تجارب معملية تتميز بالأناقة والتعقيد فى إجراءاتها، متوصلين من خلالها إلى تركيب الجزء ذى الشأن فى عملية الحياة بشكل تدريجى، الجزء الذى به نستطيع أن نُقِّوم المسألة. لكن الأقل احتمالاً هو أن نفس مجموعة الإجراءات المُتطلّبة لإيجاد كل الأجزاء التى نريدها فى الوقت نفسه. وهذا لا يعنى فقط، أن هناك سرًا حول التركيب أو التجميع الذاتى من بين قطع كبيرة العدد من الجزيئات ذات البناءات المتخصصة والرقيقة السمات، من بين قطع متناحرة صاخبة، فهناك أيضًا إنتاج، وبالتزامن، مجموعة من نوعيات كثيرة مختلفة من الجزيئات.

ودعنى ألفظها بوضوح: ما الذى يتعلق به الأمر هنا. لقد أكدت بالفعل أن الجزيئات المعقدة التى نجدها فى الكائن العضوى ليست حية بذاتها. الجزىء هو الجزىء، إنه ليس حيًا ولا ميتًا. الحياة ظاهرة يشترك فيها مجتمع كامل من الجزيئات المتخصصة، بل ملايين منها تتعاون معًا بطرق جديدة ومدهشة. ولا يحمل جزىء وحده شرارة الحياة، ولا يمكن لسلسلة من الذرات أن تنشئ كائنًا حيًا. حتى الدنا، هذا الجزىء العضوى الفائق، فهو ليس حيًا، انتزع الدنا من أى خلية وسوف تجدها غير قابلة للقيام بدورها المعتاد. فقط فى مجرى بيئة جزىء على

(*) وهى مجموعة من المركبات المتجانسة التى تتألف من حموض دسم طبيعى وشموع وستيروئيدات ولا يمكن حلها بالماء، وإنما فقط بالمحاليل غير المستقطبة، كما أنها مصدر للطاقة وسهلة الاختزان، وتقوم بوظائف عديدة فى البدن.

(**) أحد المستعصيات فى الخلية الحية، وتصنع خلاله البروتينات بحوالى ٥٢ سلسلة بروتينية وثلاثة جزيئات من الدنا الريبى، التى تستنسخ مباشرة من الدنا. (المترجم).

درجة عالية من التخصص سيستطيع الجزىء المعيّن أن يقوم بدوره فى الحياة، أى أنه لن يستطيع من دون هذه البيئة أو المحيط. ولكى تتم الوظيفة بشكل صحيح فلا بد للدنا أن تكون جزءًا من فريق كبير، الذى يقوم فيه كل جزىء بإنجاز دوره المحدد الهدف فى تعاون تام مع جزيئات الأجزاء الأخرى.

إن معرفة جدارة محتوى الجزيئات فى العضو الحى بالاعتماد عليها والوثوق فيها تضعنا على الفور أمام متاهة فلسفية شديدة. إذا كان كل شىء يرغب فى كل شىء آخر، فكيف ظهر مجتمع الجزيئات فى المقام الأول؟ ولأن الجزيئات فى معظمها، والتى تحتاجها الحياة ولا تقوم من دونها، يتم إنتاجها بمعرفة نظام عضوى حى، ولا يوجد منها ما هو خارج الخلية فكيف جاءت للوجود أصلاً، دون معاونة من علماء متطفلين يتدخلون فيما لا يعنيهم؟ هل نتوقع بشكل جدى، حساءً من النوع الذى اقترحته تجربة ميللر / أوراى لكى تصنعهم فورًا مع معرفتنا بأن طبيعة الكيمياء تصيب مرة وتخطئ أخرى **"hit – and – miss"** ؟.

ربما اعتراك انطباع مما كتبته حتى الآن بأن أصل الحياة ليس فقط غير ممكن أو مستحيلاً من الناحية الفعلية الواقعية، ولكن الحياة نفسها مستحيلة أيضًا. ولو أن الجزيئات العضوية الهشة تعرضت للهجوم وتبعثرت بشكل مستمر، فإن أبداننا ستتجه بسرعة للتحلل عبر عمليات كيميائية تنشر التشوه والموت؟ ولكن لحسن الحظ، فإن خلايانا تحتوى على إصلاح كيماوى مميز وآلية للبناء، ومصادر كيماوية جاهزة للطاقة، لكى تدفع بالعمليات لـ «الصعود» إلى قمة التل"، وإنزيمات لها مميزات خاصة تتمكن بواسطتها من نعومة تركيب الجزيئات المعقدة من بين شرائحها. وأيضًا ينثنى البروتين فى شكل كرات للحماية تمنع مهاجمة الماء لرباطها الكيماوى الرقيق. وفى حدود السرعة التى يسحبنا بها القانون الثانى إلى «أسفل التل» فإن هذا الجيش المتعاون من الجزيئات المتخصصة يشدنا إلى الاتجاه العكسى أى إلى «قمة التل». وما دمنا نظل نظمًا مفتوحة، نتبادل الطاقة والأنطروبيا مع بيئتنا، فإنه يمكننا تجنب النتائج المدمرة للقانون الثانى. ولكن يبقى

«الحساء» البدائى مفتقدًا هذه «الكتائب الملائمة» من الكيماويات المتعاونة. وليس ثمة حِزَمْ من جزيئات الإصلاح جاهزة لتطبيق القانون الثانى. إذن على هذا «الحساء» أن ينتصر فى المعركة وحده ضد العناصر الشاذة والتى ليست فقط ثقيلة، وإنما أيضًا ضخمة ومُغيِّبة العقل.

كيف إذن تكون الإجابة؟ هل الحياة بعد كل شىء معجزة؟، فى الفصل الرابع سوف أهتم بالمحاولات الأخيرة لشرح كيف لخليط كيماوى يمكنه بكفاءة إنقاص الشواذ المتراكمة، والتى تشكل عقبة ضد التركيب أو التآلف العفوى للجزيئات المعقدة. ولكنى أرغب هنا فى تسجيل نقطة عامة. كانت أول الأشياء الحية ومن دون شك، بعيدة فى بدائيتها عن الميكروبات المعروفة اليوم. فأنت لا تستطيع النظر إلى باكتيريا باقية على قيد الحياة، بقنواتها الدقيقة ونظامها الأيضى المتميز، ثم تتوقع أن كل محتوياتها قد صنعت وجمعت عبر تشكلها الأولى من «الحساء» البدائى. ميكروبات اليوم ظهرت فقط بالتدريج بعد فترة طويلة من التصويبات التطورية للخشونة التى كانت عليها فى حالتها الأولى. لقد كانت الحياة المبكرة، مُوحِلة ومتسخة بيوكيماويًا، مما عليه الكائن العضوى اليوم.

وهذا يؤطر لنا مبدأً مهمًا وعامًا: الماكينات البدائية والفجة تكون أشد صلابة من الماكينات المتميزة والرفيعة. وكلما ازدادت رقة الماكينة، أصبحت مكوناتها قابلة للعطب، وقلَّت حصانتها. حاول أن تسكب زيتًا خامًا فى خزان سيارة سباق دقيقة القنوات، ستجد أنه سرعان ما ستصدر عنها أصوات اضطراب، وبعدها تتحول إلى أداة عديمة الكفاءة. قارن ذلك العمل نفسه مع جرّار، فستجد أنه يستطيع الاستمرار فى وظيفته برضًا تام. ويمكن بالحديث نفسه إذا أسقطت جزىء دنا فى «الحساء» البدائى فسوف يصبح عاجزًا عن أن شىء ولكن سلفًا أقل تصويبًا من الدنا ربما يكون صالحًا أكثر ويمكنه التكاثر بنجاح. ويبدو أن الحياة قد بدأت كعملية متداعية للسقوط، ثم صوبت وسارت فى خطها الذى نعرفه بمرور الزمن. وربما كان من غير الممكن تحطيمها. الشواذ من الميكروبات التى تضائت مع التركيب الذاتى، والتى لها خشونةِ وفجاجة الجرار.

المصادفة وأصل الحياة:

أسأل السؤال البسيط: وقد أُعطيت المشارطات التي كانت سائدة على الأرض منذ أربعة بلايين سنة مضت، هل كان محتملاً ما كان عليه من ظهور الحياة؟ الإجابة التالية لن تفيد: الحياة لم يكن منها بد، لأننا موجودون الآن. من الواضح أن الحياة بدأت – ووجودنا يؤيد هذا كثيرًا – ولكن هل كان عليها أن تبدأ أو تنشأ؟ وبكلمات أخرى: هل كان ظهور الحياة من خلال «حساء» كيماوى أمرًا محتومًا ولا يمكن تجنبه، باعتبار كل هذه السنين، بل الملايين منها؟

لا أحد يعرف الإجابة عن هذا السؤال. ربما يكون أصل الحياة مجرد مصادفة، أو حادثة كيميائية مذهلة غير محتملة أو غير مرجحة الحدوث، واقعة لا يُتصور حدوثها مرتين فى كل الكون. أو أنها ربما كانت أمرًا محتومًا ومعتادًا مثل تشكل بللورات الملح. كيف لنا أن نعرف أيًا من هذه التفسيرات هو الصحيح؟

دعنا نلقى نظرة على نظرية المصادفة الكيميائية تلك، وكما سلف شرحه فى هذا الفصل تعتمد الحياة الأرضية على بعض الجزيئات المعقدة والباهرة البناء، والذى أُقيم بعناية. حتى فى جزىء عضوى بسيط مثل الدنا يتكون من بلايين الذرات. والسلسلة المتعاقبة المحددة للذرات هى من الأمور العصيبة والحاسمة، إذ لا يمكنك أن تحصل على نتيجة أو تعاقب اعتباطى أو تحكمى، لأن الدنا تمثل دليل البناء فى صناعة العضو الحى. وتغيير قليل من الذرات سوف يهدد البناء كله، وتغيير عدد كبير منها فلن يكون ثمة «كائن» على الإطلاق.

وهذه الحالة يمكن مقارنتها بتعبير «تعاقب» فى رواية أدبية. قم بتغيير بعض كلمات هنا أو هناك بعشوائية وربما سيشوه الموقف قليلاً. ولكن قم ببعثرة كل الكلمات. وسيكون الاحتمال الأكبر، ألا تكون هناك رواية بعد ذلك وستكون هناك روايات أخرى. بالكلمات نفسها، ولكن بتركيبات مختلفة، ولكن يمكن تحويل

مجموعة سلسلة تعاقب الكلمات التى تصنع الروايات إلى جزء متناهى الصغر من الكل الممكن من سلاسل تعاقبات الكلمات.

فى القسم السابق أعطيت نماذج لغرابة كيف يؤدى خلط عشوائى للحامض الأمينى إلى الطريق الصحيح، للوصول إلى جزىء بروتين عن طريق المصادفة. هذا كان لبروتين واحد، بينما الحياة كما نعرفها تتطلب مئات الألوف من البروتينات المتخصصة، ودع عنك جزيئات الحامض. هذا الشذوذ لصناعة البروتين من خلال المصادفة البحتة، أشبه ما تكون نسبته واحد من كل ١٠^٤٠٠٠٠ (ويعنى واحدًا متبوعًا بـ ٤٠٠٠٠ صفر، والذى يحتاج لفصل كامل من هذا الكتاب إذا أردت أن أكتب الرقم بالكامل)، وهنا يكون تصنيف أوراق الكتب، بحيث تخرج مرتبة تصادفًا لألف مرة سهلاً بالمقارنة مع النسبة المذكورة. وفى ملحوظة شهيرة[١٧] للفلكى البريطانى فريد هويل 'Fred Hoyle" شبَّهَ فيها تلك الشواذ المؤدية إلى التركيب الذاتى العفوى للحياة بمكافئ أن تكنس عاصفة كل ما فى فناء من النفايات، لتنتج عنها طائرة بوينج ٧٤٧ تامة الصنع والأداء.

لقد اعتدت أن ألقى محاضرات فى إمكانية وجود الحياة فى الفضاء الخارجى. وبشكل ثابت فهناك واحد من المستمعين سوف يُسمعنى هذه المقولة: لا بد أن تكون هناك حياة على كواكب أخرى، لأن هناك نجومًا عديدة تبدو، أو لديها بالفعل إمكانيات استيطانها، هى إذن جدلية منتشرة وعامة. وفى رحلة قمت بها مؤخرًا إلى أوروبا للاشتراك فى مؤتمر حول الحياة فى الفضاء، وجدت فى الطائرة أن من بين برنامج تسلية الركاب، ما يتناول البحث عن الحياة خارج الأرض، وكان الوصف الدعائى للعرض يقول[١٨]: مع وجود ٠,٥ تريليون نجم تحلق عبر الحركة اللولبية أو الحلزونية لمجرّة درب التبانة "Milky Way Galaxy"، فإنه يبدو أنه من غير المنطقى الظن بأن كوكب الأرض وحده هو الذى يحوز حياة ذكية، وكان استخدام كلمة «غير المنطقى» من قبيل سوء الحظ أو سوء التقدير.

لأن المنطق سليم مائة بالمائة، وهناك بالطبع الكثير من النجوم على الأقل عشرة بلايين من البليون فى الجزء المرئى من الكون، ولكن هذا العدد، وإن كان يبدو لنا ضخمًا فهو مع ذلك صغير بمقارنته مع درجة الشذوذ المهولة لعشوائية التركيب الذاتى ولو لواحد من جزيئات البروتين. ربما يكون الكون كبيرًا ولكن الحياة لو تشكلت مرة من خلال إثارة عشوائية فى فناء للفضلات من الجزيئات، فسوف تكون الفرصة ضئيلة لحدوثها مرتين.

بعض الناس يشعرون أن شيئًا أساسيًا مثل وجودنا، لا يمكن إرجاعه إلى مجرد انعطاف كيميائى، ثم إخفاء المشكلة تحت السجادة بعبارة «حادثة» أو «واقعة» كوسيلة للإمساك بقمة المسألة. أحيانًا ما يأخذ مبدأ التوسط هذا الشكل: ليس ثمة شيء خاص أو استثنائى حول مكاننا من الكون، فالأرض تبدو كوكبًا نموذجيًا يدور حول نجم نموذجى فى مجرة نموذجية. إذن لماذا لا تكون الحياة على الأرض هى أيضًا نموذجية؟

ولسوء الحظ، فإن مثل هذه الجدلية لن تثمر شيئًا. إن وجودنا نفسه لا بد أن يكون الاستثناء للقاعدة التى نرى أنها غير استثنائية. وإذا كان هناك كوكب واحد عليه حياة، فيتوجب أن يكون كوكبنا! ومن الواضح أننا لن نجد أنفسنا على كوكب لا حياة فيه وهذا بالتعريف ذاته. ومن ثم لن تكون الأرض قد اُختيرت بعشوائية فى نموذج الكون، لأننا نحن الذين تخيرناها بوجودنا نفسه.

وبالرغم من هذه الحقيقة التى لا يمكن إنكارها، فعلى العلماء أن يحاولوا شرح العالم فى حدود القوانين والمبادئ أيًا ما كان هذا ممكنًا. لن يكون لك مهرب إذا جادلت فى أن الحلقات حول زحل قد تشكلت كحادثة تجمع أعدادًا من عناصر تتحرك مستقلة عن بعضها. إن العودة إلى «المصادفة» يجب أن يكون منظورًا إليها كآخر ما يرجع إليه. وهذا لا يعنى أن المصادفات لم يسبق حدوثها هى أو غيرها[١٩]، ربما تكون الحياة

على الأرض مصادفة. ولكننا على الأقل يجب أن نحاول وصف النشوء الإحيائى كعملية فيزيائية عادية. وفى الفصول القادمة. سوف أُجيل النظر فى بعض المقترحات الخاصة بالإقلال من الضخامة البادية لشذوذ الحدوث العفوى للحياة.

الهوامش

(١) التطور من الجزيئات حتى الإنسان "Evolution from Melocules to Men" والذى أشرف على تحريره د. س. بندال "D.S. Bendall"

(Cambridge .University Press, Cambrdige 1983, p. 128)

(٢) يشيع بين البيولوجيين أن المورث العام ليس مجرد خلية واحدة بالمعنى الحرفى، ولكن تجمع من الميكروبات، تستطيع الجينات عبرها الانتقال «متأخرًا» والمقايضة مع الجينات.

(٣) «دارون» Darwin لـ: أدريان ديزموند Adrian Desmond وجون مور (Michael Joseph, London, 1991, p. 230). John Moore ولاحظ أن شجرة الحياة تتنامى مع مسيرة الزمن للأمام بالمقارنة مع عائلة الشجر - على الأقل كبداية - والتى تتنامى إلى الوراء من الزمن.

(٤) انظر على سبيل المثال: التطور فى النظم البيئية متطرفة الحرارة على الأرض (وعلى المريخ؟) "Evolution of Hydrothenmal Ecosystems on Earth and Mars ?"، الذى أشرف على نشره جريجورى بوك "Gregory Bock" وجامى جودى "Jamie Goode"

(Wiley & Sons Ltd., New York 1996, Chapter 1 and 2).

(٥) مصدر الضوء المتضام Stromatolites يستغرق أو يحيط بأنشطة النظم الميكروبية الأخرى أيضًا بما فيها الطحالب، ومن الصعب القول بماذا تحديدًا تُصنع الأحفورات.

(٦) فى عام ٢٠٠٢ أحاطت الشكوك بقائمة معلومات الواراوونا "Warrawona" كدليل على الأحفورات الماكروية، وذلك بواسطة مارتن برازيير "Martin Brasier" من جامعة أوكسفورد (See Nature 416, 76 (2002)).

(٧) لمزيد من فهم الوضع الجيولوجى الحالى والذى يقترح أن هذه العضويات تعيش فى نظم متطرفة الحرارة بالقرب من قاع الكالديرا **Caldera** الفيضانية وعلى ذلك تكون معتمدة على الكيماويات **Chemotrophs** عن أن تكون الباكتيريـــا الزرقـــاء: داكنـــة اللـــون **Cyanobacteria**.

(٨) دليل على الحياة فوق الأرض منذ ٣٨٠٠ مليون سنة مضت « **Evidence for life on Earth before 3800 million years ago**» لـــ: س.ج. موجزلز وآخـــر " **S.J. Mojzsls et al**». (**(Nature 384, 55, (1996)**). ومع ذلك ففى أواسط عام ٢٠٠٢ قامت شكوك جادة على مصداقية هذه النتيجة.

(٩) الحياة فيما وراء الأرض "**Life Beyond Earth**" لـــ: جيرالـــد فينبـــرج **Gerald Feinberg** وروبرت شابيرو "**Robert Shapiro**». (**William Morrow, New York 1980, p. 113**).

(١٠) سر أصل الحياة "**The Mysteryot Lif's Origin**" لـــ: شارلز ثاكستون " **Charles Thaxton**"، وولتر برادلى "**Walter Bradley**"، وروجر أولسن **Roger Olsen** .

(Philosophical Library of New York, New York 1984, p. 12).

(١١) التطور من الجزيئات حتى الإنسان الذى أشرف على تحريره د.س. بندال

.(Cambridge University Press, Cambridge 1983, p. 128)

(١٢) اقتباس من خلق الحياة "**The Creation of Life**" لأندرو سكوت "**Andrew Scott**».

(Blackwell, Oxford 1986, p. 49).

(١٣) اقتباس من: العوالم وهى فى حالة الصنع **Worlds in the Making** لـــــ: ســفانت أرهينيوس **Svante Arrhenius**"."

(Harper, London 1908, p. 216).

(١٤) لو حدث تفاعل ما فوق سطح، مثل الوحل أو الطفلة أو الصخر، سيكون مختلفًا عن جسم في مياه حساء لأن اعتبارات الديناميكا الحرارية ستتحول لصالح التركيب والتأليف.

(١٥) وهذا أزيد كثيرًا على عدد الذرات في الكون المرئي أو الملحوظ.

(١٦) ادعى فوكس Fox نفسه أن الأمر الصحيح لم يحدث من خلال المصادفة، ولكن الكيمياء نفسها هي التي فضلت الشريحة المتناهية الصغر لسلسلة الببتيدات ذات الصلة بالبيولوجيا. انظر على سبيل المثال: تطور الجزيئات وأصل الحياة " **Molecular Evolution and the Origin of Life**" الذي أشرف على تحريره س. فوكس **S.Fox** و. ك. دوز **(Marcel Dekker, New "K. Dose" York 1977)** .. والادعاء بأن الكيمياء تعرف شيئًا على نحو ما عن البيولوجيا هو مجرد نفاية تثير الغضب، وهو ما سأعود إليه في الفصل العاشر.

(١٧) الكون الذكي "**The Intelligent Universe**" لـ: فريد هويل **'Fred Hoyle'**».

(Michael Joseph,London 1983, p. 19).

(١٨) أمنية **'Omnia'**

(British Air Ways Fligt Mgazine September / October 1997, p. 26).

(١٩) هو تفسير يعتمد على ظروف نزوية، ولو أنه ليس مستحيلاً، وإن كان غير محتمل وراثيًا. أي في زمن ماض ونحن ربما نأخذ بالأفضليات أو المميزات في مواجهة تلك الظروف وكمقياس كمي لما لا نعتقد به، أو لنقص الثقة في نظرية الحظ السعيد أو القائمة على رمية بغير رام.

الفصل الرابع
الرسالة التى تبعث بها الآلة

فى يوليو من عام ١٩٩٧ نشر العلماء صورًا لآلة جيتار لا يتجاوز حجمه خلية بشرية واحدة، ولا تزيد تخانة أوتاره على تخانة مائة ذرة. وهذه الآلة القزمية **Lilliputian**(*). كانت منحوتة من السيلكون **silicon**(**) المتبلور الشفاف عبر تقنية حفر تستخدم فيها حزمة أشعة أليكترونية. وكان المقصود بها التحايل لسبر مشكلة ما، ولكنها بطريقة درامية سلطت الضوء على تقدم تقنى مهم: الآلات يمكن صنعها الآن فى هيئة متناهية الصغر لدرجة أن يصعب رؤيتها بالعين المجردة. لقد صنع العلماء تروسًا لا ترى، وموتورات فى حجم رأس سن القلم الرصاص، ومحولات كهربائية ضئيلة الحجم لدرجة أن تتعادل مع جزىء بشرى. وحتى نجد مهندسى شركة **IBM** وقد استطاعوا أن يختموا سطحًا كريستاليًا باسم الشركة بحجم يعادل صفًا من الذرات الواحدة بجوار الأخرى. وعلى الجملة فإن تقنية النانو (الجزء من المليار) تمثل برعمًا يزدهر ويَعِد بتثوير نمط حياتنا: وهى تقنية البناء بمقياس يصل إلى جزء من البليون من المتر.

هذه المنجزات «النانوية» تخطف الأنفاس بحق فى مجال تطبيقاتها، ولكننا يجب ألا نفقد رؤيتنا لحقيقة أن الطبيعة هى التى كانت نانوية فى البدء. والعالم مملوء بالفعل بالآلات النانوية، والتى يطلق عليها اسم الخلايا

(*) تعبيرًا عن الأقزام (لا يتجاوزون طول الإصبع) المتخيلين من سكان جزيرة ليلى بوت الخيالية (المترجم).

(**) عنصر لا فلزى (المترجم).

الحية. وكل خلية محتشدة ببنـاءات صغيرة، وكأنها قادمة على التو من كتيب إرشادات لمهندس ما. لاقطة الحروف الصغيرة ومقصات (شبيهات المقصات) والمضخات، والموتورات، والروافع، والصمامات، والمواسير، والسلاسل، وحتى العربات الوافرة هنا وهناك. كل المكونات المتنوعة تتلاءم مع بعضها البعض، مُشَكِّلة في مجموعها توظيفًا ناعمًا وسهلاً، تمامًا كخط إنتاج متعاون الأجزاء في مصنع: تلك هي الخلية الحية. هذا ومعجزة الحياة لا تنحصر في أنها مصنوعة من أدوات نانوية، ولكن في أن هذه الأدوات المتفرقة في نوعيتها مدمجة مع بعضها بطريقة رفيعة التنظيم.

ما سر هذه المنظمة المدهشة؟ كيف لذرات غبية أن تفعل ذلك؟ وبصفة فردية، فإن الذرات يمكنها أن تتدافع مع جاراتها وتتواثق أو ترتبط معها فيما إذا كانت الظروف صحيحة. والتي على نحو جمعي، تحقق أعاجيب من البناء والسيطرة في درجة من التناغم المنضبط والمعقد، والذى لا يستطيع أى مهندس بشرى أن يصل إليه على نحو ما اكتشفت الطبيعة – ولحسابها الخاص – كيف تقوم بذلك. لقد عرفت كيف تبنى هذه الآلة المعقدة التى يصعب تحليلها، والتى نسميها الخلية الحية، مستخدمة فقط المواد الأولية المتاحة والمختلطة مع بعضها البعض بغير انتظام. وهى تكرر هذا العمل الفذ كل يوم فى أبداننا وفى كل لحظة تولد فيها خلية جديدة. إن هذا فى حد ذاته يعتبر إنجازًا مدهشًا. والأكثر من ذلك أن الطبيعة صنعت أول خلية من أول الخط.

كيف تم ذلك؟

إننى كفيزيائى متواضع حين أفكر فى الحياة على مستوى الجزىء، فإن السؤال الذى يظل يلح على ذهنى هو: كيف لكل هذه الذرات التى لا

عقل لها أن تعرف ماذا تفعل؟ إن تعقيد الخلية الحية لشيء هائل، إنه يشابه مدينة فى أقصى حالات النشاط القائم على التعاون. كل جزىء فيها له وظيفة محددة، وله تصنيفته في المخطط العام، بحيث يتم إنتاج المطلوب. ثمة كثير من التعديل والإبدال يتم هناك، حيث على الجزيئات أن ترتحل عبر الخلية لتلتقى مع أخريات فى المكان المناسب وبنظام محدد يسمح بأن تقوم المجموعة بعملها بطريقة ممتازة. وكل هذا يتم دون قائد أو رئيس يحدد لها الخطوات أو الموقع الذى يتحركون منه أو إليه. ليس إذن ثمة مشرف يراقب أنشطتها. فالجزيئات ببساطة تقوم بما عليها أن تعمله: تقوم بحركتها الداوية وهى عمياء، وتلتقى بالأخريات من نظائرها وتتعانق معها بعد الارتطام. وعلى مستوى الذرات المفردة فإن الحياة أشبه بمجتمع مثالى من دون حكومة تقوده – تتخبط فى فوضى لا هدف لها. ولكن على مستوى الجماعة فإن هذه الذرات المفتقدة للتفكير تؤدى وتقوم معًا بأداء ما يمكن أن نسميه «رقصة الحياة» على درجة من الدقة الرائعة والشديدة الحساسية.

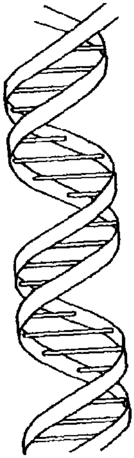
هل للعلم أن يشرح هذه العملية الرائعة والفخيمة بشكل استثنائى وذاتى القيادة وهى تعزف لحنها دون قائد للأوركسترا سوى ذاتها؟ ثمة بعض من الناس يرفضون ذلك بشكل سطحى(١). ويعتقدون أن الخلية الحية، والتى يسودها التعاون الشديد فى إطار خطة فى أقصى درجات الانضباط، ليست مع كل هذا نتاج قوى فيزيائية عمياء وحدها. ويقول إن العلم ربما يُقدِّر هذا الملمح الفردى، ولكنه لن يستطيع أبدًا أن يشرح الوضع الكلى العام لمنظمة من هذا النوع، أو كيف تجمعت أو تركبت الخلية الأصلية فى أول الأمر.

وأنا هنا أختلف مع هؤلاء، معتقدًا أن العلم فى نهاية الأمر سوف يتسنى له أن يعطينا تفسيرًا مقنعًا لأصل الحياة. ولكن فقط إذا ما تم الإمساك بالمسألة على مستويين: الأول على مستوى الجزىء، وهو موضوع هذا الفصل، والذى حقق التقدم فيه درجة عالية من التأثير. فعلى مدى عقود قليلة مرّت، حققت البيولوجيا الجزيئية خطوات واسعة فى تحديد أى جزىء يفعل ماذا من أجل ماذا. وقد «وُجد على الدوام أن الطبيعة بأدواتها النانوية تعمل طبقًا لقوانين وقوى الفيزياء العادية» ومع ذلك سيكون من الخطأ افتراض أن الجزيئات هى كل ما هنالك بالنسبة للحياة. ونحن لم نعد نشرح الحياة بواسطة تصنيف أنشطة الجزيئات بأكثر من تقديرنا لعبقرية موتسارت **Mozar** أو أينشتاين أو كيف تعمل العصبونة العصبية **"neurone"**(*). وباستخدام العبارة المألوفة: فإن الكل أكبر من كم أجزائه. وهو ما يعنى أن كلمة «عضوى» **organism** ذاتها تفيد التعاون على مستوى جماعى، لا يمكن إدراكه من خلال دراسة أجزائه فقط. ومن دون فهم هذا النشاط الجماعى، فسنكون قد شرحنا الحياة على نحو جزئى فقط.

ضاعف ثم ضاعف: أو كرّر التجربة واستمر فى التكرار:

لقد وضعت التناسل أو التكاثر فى الفصل الأول قريبًا من قمة قائمتى فى تعريف خصائص الحياة. ومن دونه تتوقف الحياة طال الوقت أو قصر. ولوقت طويل لم تكن لدى العلماء سوى أفكار قليلة عن كيف للحياة العضوية أن تعيد إنتاج ذاتها. كانت هناك فكرة غامضة عن وجود ثمة جينات غير مرئية تنقل رسالة عضوية من جيل إلى الجيل الذى يليه، فكرة لا تكشف إلا القليل عن كيف تقوم الخلايا بذلك. ومع التقدم فى البيولوجيا الجزيئية، واكتشاف الدنا **DNA**، فقد وُجد حل لهذا الغموض أو السر.

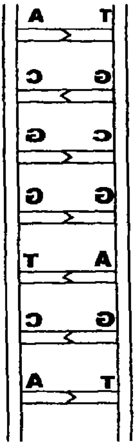
(*) العصبونة العصبية هى مركز أو موقع التلاقى بين الشبكات العصبية بالمخ (المترجم).



(شكل ٤-١)

حلزون مزدوج. بناء جزىء الدنا هنا يظهر على نحـو تخطيطـى. ولاحـظ أن الخطين الحلزونيين يرتبطان معًا بروابط عرضية. تلك التى تلعب الدور الحاسم فى حفظ المعلومات البيولوجية.

وبالوصول إلى ضرورة المسألة، فإن سر التناسل يكمن فى تكرار تجربـة الجزيئات ونسخ ذواتها. وقد تبدو مسألة أن الجزىء يصنع نسخة مـن ذاتـه، ذات طابع سحرى، ولكنها فعليًا مجرد عملية مستمرة، وفى خط مستقيم يتجـه للأمـام. والفكرة الرئيسية فيه تقوم واقعيًا على خضوعها لقواعد تجربة هندسية أولية. وقـد تكون الفكرة الأولى التى يمكن استخلاصها واضحة، ولكنهـا حاسـمة الأهميـة: الجزيئات لها أشكال واضحة لا لبس فيها. الجزيئات العضوية ليست مجرد شـكل كروى بسيط أشبه بالفقاقيع، إنما هى التى تنحت بصفة مبدئية كل ملحقات الجـسد، مثل الأذرع والكيعان والفجوات والحلقات. ولولا قوى التبادل الذرى التى تملـى أو تأمر من التى تعصى أو تتمرد على من، ما كان الأمر ليتم. إنها عموميـة البنـاء الثلاثى الأبعاد للجزئيات العضوية التى تحدد بقوة فيما يشبه «الاصطنبة» (القالـب أو الطراز أو النموذج) قابلياتهم البيولوجية. لقـد كـان الفلاسـفة الفيثـاغوريون "**Pythagorean**" هم الذين إعتقدوا أن الهندسة هى مفتاح العالم أو الكـون، ولـذلك أتوقع أنهم كانوا سيسعدون للنتيجة التى أشرت إليها.



(شكل ٤-٢)

دنا غير مجدولة: هنا الحلزون المزدوج قد تم تصويره، بحيث يكشف عما يشبه السلم. ودرجات هذا السلم تتكون من أزواج متتامة مع بعضها من الجزيئات، آخذة شكل القفل والمفتاح على نحو متضام وحميمى.

الدنا تمثل قاعدة المعلومات «البنكية» - إذا جاز التعبير - ذات الطابع الجينى. وهى القائمة بتكرار التجربة (إعادة طبع أو نسخ ذاتها)، التى ترقد أو تكمن فى قلب عملية التكاثر البيولوجية. ودعنى أصف لك كيف تقوم الدنا بإعادة نسخ ذاتها، مستخدمةً عمليةً هندسيةً بسيطة. بناء الدنا هو ذلك الحلزون المزدوج الشهير، الذى اكتشفه كل من كريك "Crick" وواتسون "Watson" فى بواكير الخمسينيات من القرن الماضى، وتظهر تركيبته على نحو تخطيطى فى الشكل «٤-١»، ولاحظ أن الخطين الحلزونيين المجدولين يرتبطان بروابط عرضية توثق بينهما. وبالنسبة لتفسيرى، فإن الشكل الحلزونى هو أمر ثانوى واتفاقى، وعلى هذا، ولكى تكون الأشياء أكثر بساطة، تخيل هذه المجموعة من اللغات المجدولة فى الحلزون قد تم فردها لتشكل نوعًا من السلالم (انظر الشكل ٤-٢). فإن درابزين السلم هما الخطان الحلزونيان، أما درجات السلم فهى تتطابق مع الروابط العرضية. وتقوم هذه الدرجات بدور «السقالات» فى البناء، والتى تمسك أو تربط

الجزيئات مع بعضها البعض. ويتركز عمل الجزء الخاص بالدنا على هذه الدرجات العرضية.

وهذه الدرجات ليست كلها متساوية، ولكنها تقوم على تنويع من الجزيئات تسمى النيوكليوتيدات nucleotide(*). والتى تقوم بدورها على قاعدة من مواد تحمل أسماء كيماوية: أدينين adenine، وجوانين guanine، وسيتوزاين cytosine، وثيامين Thyamine(**)، والتى يشار إليها جميعًا بالأحرف الأولى من أسمائها الإنجليزية A, G, C, T للاختصار، (والتى سنداوم على استخدامها هنا لتلافى الإرباك). وكل درجة سلم تتشكل فعليًا من زوجين من هذه القواعد من كل نهاية لها إلى النهاية الأخرى الموثقتين بالدرابزين، وهنا بالذات تظهر الهندسة. تجد أن A مصنوع خصيصًا لغرض يتلاءم جيدًا مع T، بينما G, C مصممان بإحكام ليأخذا هذا الموقع معًا من البناء العام. والقوى التى تربط هذه الأزواج القاعدة هى فى العادة أقرب إلى الضعف. تخيل أنك سحبت بقوة درجتى السلم بحيث يبتعد كل منهما عن الآخر، كما لو قام منشار بنشرهما من وسطهما (انظر الشكل ٤-٣)، وبالتالى ستبدو كل درجة سلم وكأنها مجداف وحيد له ذراعان منفصلتان، وهى القواعد غير المتضامة، وافترض أن إحداهما تحمل المتتابعة TGCCAETT، فبالتالى ستحمل الذراع الأخرى المتتابعة المتممة لها ACGGTCAA. ويمكنك بالتالى إعادة تركيب السلم بأن تصف قاعدة الأزواج الصحيحة مرة أخرى وتطبق على النهايات المفتوحة فى كل درجة سلم ليتضاما معًا مرة أخرى. وفكرة أن كل قاعدة فى جزىء الدنا لها شريك بهذا الشكل يجعل من درجة السلم نوعًا من الطابعة بالنسبة للدرجة الأخرى من السلم، فإذا كانت لديك جديلة واحدة لا تقلق، حيث يمكنك أن تعرف شكل بناء الجديلة الثانية باستخدام قواعد أو قوانين الأزواج: A مع T و C مع T.

(*) أحد المكونات الأساسية للحمض النووى والمتكونة من أساس «بوريني»: بعض السكر وبعض الفوسفور (المترجم).

(**) وجميعها تشكل الأساس البوريني للحموض النووية: الدنا والرنا والسابحة ضمن المادة السائلة السيتوزيل sytosel غير القابلة للانحلال فى هيولى الخلية (المترجم).

تلك هى قاعدة الطبع أو التضام القائمة عليها عملية النسخ. ولكى تعرف كيف؟ تخيل أن بعضًا من الحلزون المزدوج لا يعمل بالهمة والنشاط اللذين وصفتهما قبلاً، تاركًا بعضًا من القاعديات غير الملحقة بالنظام، تخرج بعيدًا عن الجديلة. فلو أن هناك مددًا من قاعديات جزيئية حرة – **T,s** و **C,s** و **G,s** و **A,s** – تطفو أو تقوم فى الجوار، فسوف تميل للاقتراب من خلال ضيق الحيِّز المتاح وتربط نفسها بالجزء المقطوع المعرض للخطر على نحو **A** لـ **T**، و **C** لـ **G**، و **T** لـ **A**، و **G** لـ **C**، وهكذا وعلى نحو أوتوماتيكى يعيدون بناء جديلة متضامة من جديد. وما دامت قواعد الزوجيات تعمل على نحو صحيح، فإن الجديلة الجديدة من المضمون أن تكون متطابقة مع الجديلة الأصلية. وبالتالى، فإن أى جزىء دنا قد تم جذبه إلى خارج موضعه، بحيث يبقى الجزىء الآخر من الجديلة معرضًا للخطر، فسوف يبنى لنفسه جديلة جديدة مشاركة له، أى سيكون هناك جزيئا دنا بدلاً من واحد. ولاحظ أن هذا النوع من طبع النسخة لا يتشابه مع النسخ من خلال آلة تصوير مستندات، إنما هو أشبه من طبع نسخة من الصورة باستخدام النيجاتيف (النسخة السوداء التى تمثل أصل الصورة «المترجم»).

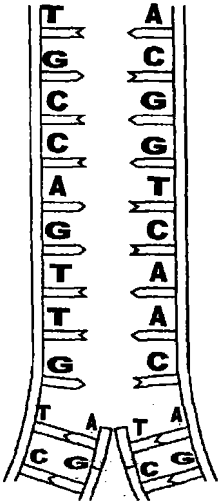
وهكذا يكون التكوين البنائى لتكاثر الدنا قد تم شرحه، ولكن يبقى السؤال حول الجينات وعملية الوراثة. كيف للدنا أن تقوم بتخزين المعلومات الجينية ونقلها؟ وهنا يجىء دور القاعديات الأربع المختلفة. وقد يمكنك التفكير فى **T, C, G, A** كأربعة حروف أبجدية، والتتابع المحدد للحروف، يمكن أن يستخدم فى التعبير عن رسالة. والجين ببساطة عبارة عن خيط أو سلك طويل مع قاعدة من الأزواج أو الحروف التى ينقل كل زوج منها جزءًا من الرسالة. عندما تتكاثر الدنا من تطابق تعاقبى يكون قد تم بناؤه فى النسخة الجديدة.

وبسبب من إزدواجية السلك الممتد على نحو حلزونى والطابع المتضام أو المتتام للعملية، فإن كل جزىء دنا يشتمل فعليًا على نسختين من الرسالة، واحدة إيجابية **positive** والثانية سلبية **negative**، وهكذا تكون المعلومات التى يحتاج إليها جزىء دنا كامل، مُتضمنة فى كل واحدة من الجدائل.

وتتم عملية التكاثر بفاعلية كبيرة بمساعدة بعض الإنزيمات **enzymes** التي تسهل مسألة النشاط والحيوية التى تتم بها وأيضًا بعض العمليات المتصلة بها. وكدليل على هذه الفاعلية البالغة، فإن البناء الأساسى للدنا قد استمر فى البقاء لأكثر من ثلاثة بلايين سنة. ومع ذلك فإن عملية التكاثر ليست تامة مائة فى المائة، ولا مفر من وقوع أخطاء من وقت لآخر. وهذه ستغير تتابع القاعديات مثل عملية بعثرة للحروف **AGCT**. ولأن الدنا عبارة عن وصفة لصنع كائن عضوى، فإن الرسالة لو انحرفت قليلاً أثناء ظرف التكاثر، فإن الكائن العضوى الناتج عنها ربما سيعانى من عملية «تحول». وأخطاء النسخ هذه، هى مصدر التنوع بين الأجيال والتى تمارس فيه عملية الاختيار الطبيعى دورها. ومسألة الرسالة الجينية طويلة بشكل مؤثر لأنه على سبيل المثال تشتمل باكتيريا بسيطة كـ **E.Coli** على عدة ملايين من الرموز فى طريقتها الجينية، (الجينوم هو منظومة كاملة من الجينات) كافية لملء ألف صفحة من كتاب. أما الخريطة الجينية البشرية، فربما تحتاج مكتبة بأكملها. وكما شرحت فى الفصل الأول، فإن الدنا تحتوى على المعلومات الكاملة التى يحتاج إليها صنع وبناء الكائن العضوى، الذى تنتمى إليه، تخيل أنت هذا المشهد، وهو أن الحياة عبارة عن خيط أو سلك من أربعة حروف.

صنع الحياة:

لقد جعلت الحياة حتى الآن تبدو، وكأن الدنا هو بيت القصيد فيها والجينات، والتكاثر. وهذا صحيح ولكن من خلال نظرة بيولوجية ضيقة، حيث تنحصر الحياة فى تكاثر الجينات. ولكن الدنا لا تمثل شيئًا فى حد ذاتها، إذ لا بد من بناء الخلية بكل كيميائياتها المتخصصة والتى تؤثر فعليًا على عملية التكاثر، وفى مستويات أعلى من أشكال الحياة، يلزم أن ينبنى كائن عضوى كامل من أجل إقامة عملية التكاثر، ومن ناحية الرسم المنظورى للخريطة الجينية فإن الكائن العضوى يمثل طريقًا غير مباشر لتكاثر الدنا.



(شكل ٤-٣)

التكاثر: الخاصية المفتاح للحياة. إذا انفصلت الدرجات العرضية للسلم عن بعضها البعض، فإن الأجزاء المبتورة يمكنها أن تغوى القاعديات المنفردة الصحيحة، والتى قد تكون طافية حولها، لكى تبنى سلكًا متصلاً ونشيطًا وجديدًا، وحين يفعل كل نصف دنا هذا، فإن الجزىء سيكون قد نسخ نسخة من ذاته.

لماذا تحتاج الجينات لكائن عضوى متكامل حتى تمد يدها فى الأمر؟ لماذا لا يتكاثرون هم ولذواتهم فقط؟ ستكون الإجابة: لأن الكائن العضوى يستطيع أن يفعل أشياء مثل التحرك من المكان الذى يتعرض فيه للخطر إلى مكان آخر، وأن يجمع غذاءه من المواد الأولية وهذا يساعد الدنا على التكاثر بشكل أكثر فاعلية، أما بناء كتلة حيوية كبيرة، فيحتاج إلى مَدَدٍ آخر، لا يصلح له الدنا. وهذا المدد الآخر يتحصل بشكل رئيسى فى هيئة بروتين **protein**(*). والذى بتعبير ثانٍ أهم مستوى

(*) أى صنف من المركبات ذات الوزن الجزيئى المرتفع، والمركبة أساسًا من وحدات صغيرة، هى الحموض الأمينية التى تتصل ببعضها بروابط بابتيدية. (المترجم).

فى الجزيئات العضوية المتخصصة. وكما أشرنا قبلاً، فإن الحياة كما نعرفها هى النتيجة الجوهرية لصفقة التحول المفيدة المتأثرة بزوجين من الجزيئات: الدنا والبروتين.

البروتين هو المصادفة السعيدة غير المتوقعة للدنا لإمكانية استخدامه فى بناء مواد مثل جدران الخلايا والإنزيمات **enzymes**(*)، وهى التى تلاحظ وتسرّع ردود الفعل الكيماوية والإنزيمات هى المادة الكيماوية التى تقوم بـ «تزييت عجلة الآلة البيولوجية». ومن دونها، فإن عملية الأيض سوف تتوقف، ولن تكون هناك طاقة كافية متاحة لعملية الحياة. ومن ثم لا يدهشنا أن جزءًا كبيرًا من قاعدة المعلومات المخزنة يدور حول كيفية صنع أو إنتاج البروتين.

هنا سنعرف كيف يتم إنجاز هذه التعليمات. تَذكر أن البروتينات هى سلسلة طويلة من الجزيئات المصنوعة من الكثير من الأحماض الأمينية المصفوفة معًا، مشكلة ما يسمى بالـ: بولى بيبتايد **Poly peptide**. وكل تتابع مختلف من الأحماض الأمينية يُغِل إنتاجية مختلفة من البروتين، والدنا لديها قائمة بالبروتينات المرغوبة التى يحتاجها الكائن العضوى. وهذه المعلومات مخزّنة بواسطة تسجيل التتابعية الخاصة للحامض الأمينى، الذى يحدد كل نوع من البروتين تتَضمنه القائمة. وهى فى هذا تستخدم الحروف الأبجدية الأربعة للدنا: **AGCT**، وكل تتابعية محددة من هذه الحروف تنفث وصفة الحمض الأمينى، بروتين بعد بروتين بالضبط عدة مئات من الأزواج القاعدية لكل منها.

ولكى تصبح هذه القائمة الجافة من الأحماض الأمينية قابلة للتركيب والتجميع والقيام، من ثم بوظيفتها كبروتين، فإن الدنا تطلب المساعدة من جزىء آخر قريب الصلة بها يعرف باسم الرنا **RNA** (اختصار الحامض الريبى

(*) سلسلة من الأحماض الأمينية تحوى ما يزيد على ١٠ أحماض ويقل عن ١٠٠ حمض أمينى، كما لا يزيد وزنها على ١٠٠٠ دالتون (وحدة لقياس الكتلة تعادل ١/١٢ من كتلة نواة الكربون (المترجم).

ribonucleic acid) والرنا بدوره مكون من أربع قاعديات AGCU، وهذا الحرف الأخير U يرمز للـ: يوراسيل **uracil** المشابه للـ: **T** ويخدم نفس الغرض الألفبائي. وتجيء الرنا في عدة تنوعات، والذي يهمنا منها هنا هو الذي يعرف بالرنا المرسال "**messenger RNA**"(*) واختصارًا: **m RNA**. ووظيفته أن يقرأ الوصفة الخاصة بالبروتين المطلوب وينقلها إلى «مصانع» رفيعة جدًا والتي فيها يتم صنع البروتين، وهذه المصانع الصغيرة تسمى ريبوسومات **ribosomes**(**). وهي عبارة عن آلات معقدة يقوم بناؤها على الرنا والبروتين بمختلف أنواعه. وتقبع الريبوسومات في شقوق ضيقة حيث تتم تغذيتها بواسطة «المرسال» الذي يكاد يشبه هيئة الشريط المثقب الذي يستخدم في كمبيوتر من الطرازات القديمة. وشريط المرسال هذا يحدث صوتًا شبه انفجاري في الريبوسوم والتي يحمل بعدها التعليمات في شكل «بتة» بعد «بتة»، ممسكًا بالأحماض الأمينية معًا، واحدًا بعد الآخر في تتابع محدد حتى يتلقى البروتين كامل تعليماته. هذا، والحياة الأرضية تصنع البروتين من ٢٠ نوعًا مختلفًا من الأحماض الأمينية(٢). وتسجيلات المرسال هذه هي التي تقوم بعدها الريبوسومات بوضعها معًا بالنظام المطلوب الصحيح.

إنه لمن المثير للاندهاش والعجب أن ترى الريبوسوم وهو يقوم بربط الحموض الأمينية في شكل سلسلة. ومن الطبيعي أن الأحماض الأمينية تأتي طائعة ومجبرة لتنتظم في النظام المُتَطلَّب، جاهزة لأن يتم إمساكها في النهاية في شكل سلسلة. وعليه كيف يتسنى للريبوسوم أن يتأكد من أن مرسال الرنا قد تلقى الحمض الأميني المحدد في كل خطوة من خطواته؟ سنجد الإجابة في تشكيل آخر من جزيئات الرنا باسم الناقل **transfer**. ويختصر في **t RNA** وكل جزيء من

(*) مركب يتألف من سلسلة وحيدات نوويدية أحادية الفوسفات، يحوي كل منها سكرًا خماسيًا هو الريبوز مع قاعدة نوويدية، هي إما الأنوداريزين وإما الغوانين وإما السيتوداين أو اليوراسيل، وله ثلاثة أنواع: الناقل والمرسال والريباسي: ووظيفته الأساسية هي نقل المعلومات الوراثية من الدنا (المترجم).

(**) والريبوسوم هو عُضيّ يوجد في الخلية تصنع فيه البروتينات عن طريق ربط الحموض الأمينية في سلسلة متنامية وبمعدل يصل إلى ١٥ حمضًا أمينيًا في الثانية (المترجم).

الرنا الناقل يُحضر لخط الإنتاج فى مصنع الريبوسوم نوعًا واحدًا فقط من الحموض الأمينية مقيدًا فى نهاية سلسلته.

وفى كل مرحلة من مراحل تركيب البروتين، تكمن الخدعة فى الحصول على الرنا الناقل الصحيح مع الحمض الأمينى الصحيح الملحق به ليتخلص من حمولته وينقلها لنهاية سلسلة البروتين النامى الآخذ فى التجمع والتركيب، بينما يرفض أى من الـ١٩ نوعًا الباقية التى قد تكون معروضة له. وهذا يتم كالتالى: يقوم الرنا المرسال (تذكر هنا أنه الذى يحمل التعليمات) بكشف جزء من المعلومات (مثل منظومة من «الرسائل») التى تقول: «أضف حمضًا أمينيًا كذا وكذا الآن». ويتم تنفيذ التعليمات بشكل صحيح لأن جزىء الرنا الناقل والمستهدف يحمل الحمض الأمينى المعين، سوف يتعرف على الجزء المعروض من المرسال بواسطة شكله وخصائصه الكيميائية، ومن ثم يرتبط بها. أما الجزيئات الأخرى من الرنا الناقل الذى يحمل الحموض الأمينية الخاطئة، فلن تتناسب مع موقع الارتباط ذاك. وبمجرد حدوث هذا الإغواء لجزىء الرنا الناقل الصحيح ليتم استيلاده فى خط الإنتاج، تكون الخطوة التالية أن يقوم الريبوسوم بحث الحمض الأمينى الواصل حديثًا فى الحمولة لكى يلحق نفسه بآخر سلسلة البروتين. والسلسلة تنتظر فى الريبوسوم، متدلية من نهاية الجزىء السابق من جزىء الرنا الناقل المختار. وعند هذه اللحظة يتحرر آخر جزىء وينفصل عن الريبوسوم، مارًا على السلسلة بأكملها إلى الواصل الجديد من الرنا الناقل، حيث ترتبط بالحمض الأمينى الذى حمله معه. وحينئذ تنمو السلسلة بإضافة الأحماض الأمينية برأسها عوضًا عن ذيلها. وإذا كنت لم تستوعب أو تتابع جيدًا سير العملية من قراءة ما سبق فلا تقلق، لأن الأمر ليس ضروريًا لفهم ما سيلى. أنا فقط وجدت أنه من المناسب أن تشترك معى فى الاندهاش الناجم من سير العملية بأن تنغمس معى فى بعض التفاصيل.

عندما يستكمل البروتين تركيبه، يتلقى حينئذ الريبوسوم إشارة «توقف» من «شريط» مرسال الرنا، وتنقطع السلسلة لتصبح حرة. تَجَمَّع البروتين الآن ولكنه لا

يبقى فى الخارج أشبه بثعبان، إذ بدلاً من ذلك يتكور فى شكل كرة مقصوفة، أكثر منه كشكل قطعة بلاستيك مطاطة، تَمَّ فردها ثم تحررت من الشد لتعود إلى ما يقترب من شكلها قبل الشد. وعملية التكور أو الإنثناء هذه، ربما تستغرق عدة ثوانٍ، ولكنها تظل جزءًا من سر كيف يُحقِّق البروتين شكله النهائى. وهو لكى يعمل شكلاً جيدًا، فإن الشكل الثلاثى الأبعاد للبروتين لا بد أن يكون صحيحًا مع المضخات والروافع جميعها فى مكانها الصحيح، وأيضًا تدور حوله الذرات الصحيحة. وبصفة مطلقة، فإن التتابعية الخاصة للحامض الأمينى مع السلسلة هى التى تحدد هيئة التشكل النهائى للأبعاد الثلاثة، وبالتالى الخصائص الفيزيائية والكيميائية للبروتين.

هذه التتابعية المهولة واللافتة للنظر من الوقائع تتكرر فى عشرات الآلاف من الريبوسومات المنتشرة فى كل أنحاء الخلية، لتنتج عشرات الآلاف من البروتين. إن التكرار هنا يستحق أن يُنْجِز، بالرغم من وضوح الغرض، باعتبار أن الجزيئات المشاركة فى الأمر، ليس لها عقل. وبصفة جمعية فإنهم يقومون بتعاون نمطى نموذجى كما لو كان تطبيقًا لحظة معينة. ولكن على المستوى الفردى للجزيئات فإنها فقط تقوم بالعمل المفترض فيها. وحركة مرور الجزيئات داخل الخلية لا بد أن تكون عشوائية أو مشوشة، تقودها عمليات التجاذب والتنافر الكيميائية، وعلى الدوام هى مثارة بفعل الطاقة الحرارية. وعلاوة على ذلك فإنه فى وسط هذه الفوضى العمياء تبرز «الصدفوية».

وربما فى ضوء ما ذكرت، والذى قد يكون مثيرًا، فقد يعطيك الانطباع بأن الحياة فضلاً عن التكاثر، فإن صناعة البروتين هى كل شىء فى مسألة «الحياة». بالطبع من السهل أن تخرج بهذا الانطباع من الاطلاع على الكتب العادية للبيولوجيا الجزئية. ومهما كانت «صناعة البروتين» بمثابة توصيف وظيفى جيد للدنا، فبالتأكيد لا بد أن هناك ما هو أكثر من ذلك فى مسألة الحياة هذه؟ ماذا عن الطقوس الحميمة؟ بناء أعشاش الطيور؟ وماذا عن البناء الاجتماعى؟ وماذا عن

السلوكيات المثيرة للحيرة والارتباك مثل هجرة الطيور؟ ونسج المقرات الشبكية للعناكب؟

لكى تفهم الحياة فى كلّيتها وروعة تعقيداتها يعنى أن تذهب وراء مجرد الجزيئات، وأن يكون الإنسان أو الكائن العضوى فى مجموعة محل التقدير، مع كل تراتبية مستوياتها، ومنظماتها ذات المدى الواسع. كما يتطلب الأمر أيضًا التمييز أو التفرقة بين «البناء» و«الوظيفة». والنجاح البيولوجى للجزيئات يتجذر فى جزء كبير منه على وضوح الأشكال والتآلفات الكيميائية لجزيئات معينة مثل القاعديات والبروتينات. ولكن ليس من الممكن اختصار «الحياة» فى مجموعة من الأشكال الثابتة، أُلقى بها معًا بشكل عشوائى. والقوة التنظيمية للأشياء الحية تتطلب عمليات تعاونية تحتضن الجزيئات وتدمج سلوكياتها فى وحدة متماسكة. وعلى ذلك فإن شيئًا حاسمًا لم يتوضح حتى الآن. ما هو؟

الإجابة تكمن فى أعماق الوصف شبه الممتنع لعملية إنتاج البروتين. لقد بدأت بشرح الأشكال الهندسية للجزيئات، وبناء الدنا، وتتابعات الأزواج القاعدية، ثم تسللت إلى الموضوع بادئًا بوصف الرسائل والمعلومات والتحديدات الوظيفية. وباختصار أكون قد انتقلت من لغة الهاردوير إلى لغة السوفت وير. الجين هو مادة ذات شكل متميز فى فراغ ثلاثى الأبعاد، ولكنها أيضًا عبارة عن تعليمات لعمل شىء. سر الحياة يكمن فى هذا المحتوى البيولوجى ذى الوظيفة المزدوجة، وليس هناك أفضل من الكود الجينى لكى نضىء سر هذه الازدواجية.

الشفرة الوراثية (الجينية):

لقد وصفت الحياة كصفقة مغلقة بين الأحماض الجزيئية والبروتين. ومع ذلك فإن هذه الجزيئات تقطن مجالات كيميائية مختلفة تمامًا، إذا ما تحدثنا بشكل عار من المصطلحات. وهذا ينعكس بوضوح على العملية الحسابية لنقل المعلومات. فقائمة

المعلومات المطلوبة لتركيب البروتين يتم تخزينها فى الدنا بواسطة استخدام الحروف الهجائية: **AGCT**، ومن الناحية الأخرى فإن البروتينات يتم صنعها عبر ٢٠ نوعًا من الأحماض الأمينية، ومن الواضح أن من ٢٠ إلى أربعة ربما لا تمضى إلى نهايتها. إذن كيف تتواصل البروتينات مع الأحماض الجزيئية.

وقد اكتشفت الحياة الأرضية حلاً دقيقًا لهذا اللا توافق العددى عن طريق عمل حزم ثلاثية من القاعديات. لأن أربع قاعديات يمكن نظمها فى ٦٤ تبديلاً فى كل ثلاثة منها، ورقم العشرين سوف يعمل مع ٦٤، مع ترك مساحة لما هو زائد على الحاجة وللترقيم وتتابعية درجات سلم الدنا المقررة، ثلاث إثر ثلاث وهو بالضبط التتابع الخاص بالأحماض الأمينية والصادر بشأنها التعليمات إليها.

لكى تترجم أو تنقل من ٦٤ ثلاثيًا إلى ٢٠ حمضًا أمينيًا، معناها أن تعين لكل ثلاثى (ويصطلح على تسميتها بشفرة واحدة «أى مفرد شفرة» **codon**) حمضًا أمينيًا متطابقًا مع الثلاثى ذاك. وهذا التعيين أو التخصيص هو الذى يسمى الشفرة الوراثية أو الجينية. وهذه الفكرة الخاصة بأن الحياة تستخدم شفرة، كان قد اقترحها فى بواكير خمسينيات القرن الماضى جورج جاموف **George Gamow**، وهو الفيزيائى نفسه، الذى افترض النظرية الكونية الحديثة المتعلقة بالانفجار الكبير. وكما فى كل ترجمة فلا بد أن يكون هناك من يجيد لغتين أو شىء من هذا القبيل. وفى هذه الحالة لتحويل التعليمات المشفرة المكتوبة بلغة الأحماض الجزيئية إلى نتائج مكتوبة بهذه اللغة. لعله سيكون واضحًا مما شرحت أن هذه الخطوة الحاسمة الخاصة بالترجمة تحدث فى الكائن العضوى عندما تكون الأحماض الأمينية الصحيحة والمناسبة، قد أُلحقت بالجزيئات الخاصة فى ناقل الرنا قبل عملية تركيب البروتين. (آسف يلزم هنا العودة لقراءة ما شرحته فى هذه النقطة). هذا الإلحاق تقوم به مجموعة من الإنزيمات المتسمة بالمهارة حتى إنها تتعرف على كل من تتابعات الرنا وكل من الحموض الأمينية المختلفة، ومن ثم تزاوج بينهم على نحو صحيح ليؤدوا المنوط بهم.

هذه الشفرة الوراثية مع قليل من الاكتشافات الحديثة على تنوعها، تمثل شيئًا مألوفًا فى كل الأشكال المعروفة للحياة. وحقيقة أنها عالمية يمكن أن تكون مفهومة وذات معنى، لأنها تعنى أنها استخدمت بنجاح من كل السالفين لمختلف أنواع الحياة، وأنها كانت من القوة والنشاط لدرجة أن تبقى عبر بلايين السنين من التطور، ومن دونها ستكون عملية إنتاج البروتين مسألة «مرة يصيب ومرة يخطئ».

وثمة أسئلة تسود فى هذا المجال. كيف لهذا النظام الخاص المعقد أن يبرز فى المقام الأول؟ لماذا من بين $١٠^{٧٠}$ شفرة ممكنة والقائمة على الثلاثيات، اختارت الطبيعة واحدة للاستخدام العالمى؟ هل لشفرة أخرى أن تقوم بالعمل مثلها؟ وإذا كانت هناك حياة فوق كوكب المريخ هل ستكون لها نفس الشفرة الجينية كما فى الحياة الأرضية؟ هل يمكن لنا تخيل حياة من دون شفرة، والتى عبرها تتوقف صفقة الجزيئات مباشرة مع بعضها على أساس التآلفات الكيماوية وحدها؟ أو أن أصل الشفرة الجينية أو الوراثية ذاتها (أو على الأقل واحدة مفردة منها) هو المفتاح لأصل الحياة؟ وكان البيولوجى الإنجليزى جون مايناردJohn Maynard ، قد وصف أصل الشفرة بأنها من أكثر المشاكل إرباكًا وإثارةً للحيرة فى البيولوجيا التطورية. وكان أورز سزاثمارى **Eörs Szathmary** قد كتب يقول[٣]: «آلية الترجمة القائمة حاليًا، هى فى الوقت نفسه عالمية إلى أقصى حد، ومعقدة إلى ذات الحد، وضرورية حتى إنه من الصعب تصور ما الذى كان سيأتى للوجود، أو كيف كان للحياة أن توجد من دونها».

ولكى تأخذ فكرة عن أى حد تمثل هذه الشفرة أُحجية. إذا أنت ألقيت وراءك الأرقام المستخدمة فى الموضوع. فلماذا إذن، اختارت الحياة أن نستخدم ٢٠ حمضًا أمينيًا وأربعة من النيوكليتايدات القاعدية؟ سوف يكون من الأكثر سهولة مثلاً استخدام ١٦ حمضًا أمينيًا وعمل حزم ثنائية من القاعديات الأربع، بدلاً من الحزم الثلاثية.

وربما أكثر سهولة أن يكون لنا اثنتان فقط من القاعديات واستخدام شفرة مزدوجة مثل الكمبيوتر. لو كان نظامًا أبسط قد ظهر، فسيكون من الصعب أن ترى كيف كان سيعمل النظام الشفرى الثلاثى المعقد. ستكون الإجابة: «لقد كانت فكرة جيدة فى ذاك الوقت». لو أن الشفرة ظهرت فى مرحلة باكرة جدًا من تاريخ الحياة، ربما حتى فى المرحلة قبل البيولوجية، فإن الرقمين ٤، ٢٠، ربما يكونان أفضل الطرق لأسباب كيميائية لها صلة بالمرحلة. الحياة التصقت ببساطة بهذه الأرقام ومن وقتها ضاع الغرض الأصلى منها. أو ربما فرصة اختيار ٤، ٢٠ هو الطريق الأقصى أو الأمثل لفعل ذلك. وثمة ميزة فى قيام الحياة باستخدام تعدد متنوع من الأحماض الأمينية، لأنها معًا تستطيع أن تتشابك فى «خيوط» بطرق متعددة، عارضة خيارات أكثر من البروتين. ولكن هناك ثمنًا أيضًا لذلك، فإنه مع زيادة عدد الأحماض الأمينية، فثمة مخاطرة فى زيادة أخطاء الترجمة. مع الزيادة البالغة من الأحماض الأمينية فى المجال فستكون هناك زيادة أيضًا فى المتشابه منها، ومن ثم يتم الإمساك بالحمض الخطأ فى سلسلة البروتين. وهكذا فربما يكون الرقم ٢٠ هو نوع من التسوية أو الحل الوسط.

وهناك أيضًا مشكلة أشد قساوة تتعلق بمهام التشفير: أى شفرة ثلاثية لأى حمض أمينى؟ كيف يأتى هذا التخصيص؟ حيث إن قاعديات الأحماض الجزيئية والأحماض الأمينية لا يميز كل منهما الآخر بشكل مباشر ولكن عبر توسطات كيميائية، وليس ثمة شىء واضح عن سبب ذهاب ثلاثى معين لحمض أمينى معين. ومن المفهوم أن تكون ثمة ترجمات أخرى. ولكن المعلومات المشفرة هى فكرة جيدة، إلا أن الشفرة الفعلية هى من النوع التحكمى. ربما كانت ببساطة حادثة أو واقعة متجمدة، أو خيارًا عشوائيًا حبست نفسها فيه، من دون أى معنى أكثر عمقًا. ومن الناحية الأخرى، فربما يوجد سبب لطيف لماذا تعمل هذه الشفرة المعينة بشكل أجود، ولو أن شفرة ما تعلو حافتها حافة شفرة أخرى: الجدارة والحكمة فإن التطور فى هذه الحالة سيختارها، ومن خلال عملية تعديل إصلاحية ناجحة،

وبالتالى سيتم التوصل إلى الشفرة القصوى. ويبدو الأمر معقولاً هكـذا، ولكـن لا تخلو هذه النظرية بدورها من مشاكل أيضًا. التطور الداروينى يعمل مـن خـلال الخطوات الوفيرة، محتضنًا أو مُرَتِّبًا وسائل الإعاشة للمزايا عبر أجيـال وأجيـال كثيرة. وفى هذه الحالة لن تنفع الشفرة فى إنجاز ذلك، لأن تغيير تخصيص واحد لا يعنى التغيير فى واحد فقط ولكن فى طقم كامل من البـروتين والتـى مـن بينهـا البروتينات المسئولة عن تنشيط وتسهيل عملية الترجمة ذاتها. لـذا، فـإن تغييـر الشفرة ينطوى على مغامرة تغذية آلة الترجمة المزروعة فيها، بحيث تـؤدى إلـى كارثة التغذية المرتدة بأخطاء قد تحطم العملية كلها. لكى تحـصل علـى ترجمـة صحيحة، فعلى الخلية أولاً، أن تترجم على نحو صحيح.

وتبدو هذه النتيجـة مـحملة بالتناقض، وكان كارل وويز **Karl Woese**(٤). قد اقترح حلاً ممكنًا، حيث اعتقد أن شفرة التخصيص وآلية الترجمة كلتيهما يرتبط معًا. حيث توجد، بدايةً، شفرة جاهزة وفى حالة أولية غير مصقولة، وكذا عمليـة الترجمة ذاتها، تكون فى حالة مشابهة، بل تكاد تكون مُوحِلَة. وفى هـذه المرحلـة المبكرة، والتى ربما لم تكن قد ظهر بعد عدد العشرين حمضًا أمينيًا، وبالتالى لـم تكن الآلية قد استعانت بكفاءة الإنزيمات والمنقحة جيدًا التى تستخدمها الحياة اليوم. ومن الواضح أن بعض التخصيصات الشيفرية، ستكون برهنـت علـى سـلامتها وجودتها عن غيرها، وأن أى آلية تمارس أقل نزعة للخطأ فى عملية التخـصيص هذه لا شك ستقوم بتشفير أكثر الإنزيمات أهمية لها، وهو الإنزيم الـذى سـيحقق الفوز عن غيره من الإنزيمات. وبالتالى، فسيكون التكاثر أكثـر دقـةً، وسـيجرى شيفرته على النحو نفسه، بحيث تسود فى الخلايا الوليدة تلك الإنزيمات الـصحيحة ومعها شيفرتها الخاصة بها. وفى هذا السياق، فإن تشفيرًا أحسن للمهام، قد يعنـى أنه سيكون قويًا ونشطًا لدرجة أنه عند مصادفته خطأ فى الترجمة، بالنسبة للحمض الأمينى الذى قد تم صنعه بالفعل، سيُؤثِر ذلك على الخطأ الـذى سـيجد صـعوبة وغموضًا فى تواؤمه مع الحمض الأمينى. أو أنه فى حالة أن الخطأ قد يتسبب فى

صنع حمض أمينى مختلف. فإنه سيكون قريبًا من الحمض الأمينى المقصود أصلاً، وبالتالى سينجز البروتين مهمّته على الوجه المطلوب. ومن هنا، فإن تعديلات ناجحة من هذا النوع من العمليات ربما قادت للشفرة العالمية التى نراها اليوم تمامًا، مثل صورة يتدرج ظهورها التام من الضبابية الكاملة إلى الوضوح الكامل.

ومن الممكن أن الشفرة، متضمنة تفسيرًا أعمق. ولو أمكن رسم أو وضع قائمة بالمهام المشفرة، فإنه سيصبح ممكنًا تحليلها رياضيًا بحيث نستطيع معرفة ما إذا كانت بالفعل محتوية على نموذج داخلى. وكان بيتر جارفيس **Peter Jarvis** وزملاؤه بجامعة تاسمانيا **Tasmania** قد ادَّعى بأن الشفرة العالمية تذعن لتتابعات رمزية أشبه بمستويات الطاقة فى الجزىء النووى، وربما بالتالى تكون مرتبطة بخاصية ناعمة لجسيم دون ذرى يسمى «المتناسق الفائق» **supersymmetry**(٥). وهذا التطابق الرياضى ربما يكون صدفويًا بحتًا، أو ربما يشير إلى علاقات مهمة وخافية علينا بين فيزياء الجزيئات المتصلة بالموضوع ومنظمة الشفرة(٦).

لقد وجهت القارئ إلى تقنيات الشفرة الجينية بهدف تكوين فكرة مهمة مؤدية مباشرة للقلب من سر الحياة. وأى تغذية **input** مشفرة ستكون عبارة عن أخلاط من المعلومات غير المستخدمة ما دام لا يوجد مفسر يقوم مقام المفتاح الذى يفتح هذه الشفرة. حيث إن الرسالة للشفرة تكون جيدة فقط، عندما تكون قابلة للاستخدام عند وضعها فى سياق ما مثلما نقول: «إنها تعنى شيئًا». وفى الفصل الأول قدمت التفرقة بين بناء الجُمل **syntactic** وعلم دلالات الألفاظ وتطورها **semantic** فى مجال المعلوماتية. ومن ناحيتها، فإن المعلومات الجينية هى مجرد «بناء جُمَل». أما المنفعة للمعلومات المشفرة جينيًا فتتجذّر فى حقيقة أن الحمض الأمينى يستطيع أن يفهمها. إن المعلومات الموزعة على شريط من الدنا لها صلة بيولوجية بالأمر، وعلى المستوى الحديث بلغة الكمبيوتر، فإن المعلومات الجينية هى معلومات دلالات ألفاظ.

ولكى يمكنك إيضاح هذه النقطة جيدًا، ضع فى اعتبارك الكيفية، التى تتوزع بها موضعة القاعديات الأربع **ACGT** فى الدنا، وكما سبق شرحه فإن تتابعها يشبه الحروف الهجائية أو الألفبائية، ويمكنها إذن أن تتهجى شيفريًا التعليمات الخاصة بصنع البروتين. وأى تراتب آخر للحروف، سوف يكون بالتأكيد غير مفيد بيولوجيًا. وأى جزء رفيع من تتابعية ممكنة تعطى رسالة ذات معنى من الناحية البيولوجية تمامًا بذات الطريقة، التى يشكل بها تتابع معين للكلمات كتابًا له معنى(٧). وبطريقة أخرى للتعبير عن ذلك: القول بأن الجينات والبروتينات يتطلبان درجة عالية وفائقة الدقة فى تخصصية تعليماتها. وكما ذكرت فى قائمتى لخواص الحياة فى الفصل الأول بأن الكائن العضوى الحى لا ينحصر غموضه فى كونه فى حد ذاته معقدًا، بل لكون تعقيده قائمًا على تخصصية ضئيلة أو رفيعة القوام جدًا. ولكى تفهم كيف برزت الحياة من اللا حياة ستكون بحاجة لكى نعرف ليس فقط كيف تركزت المعلومات البيولوجية، ولكن كيف أن المعلومات البيولوجية المفيدة قد جرى تخصيصها. باعتبار أن البيئة التى ظهر فيها الكائن العضوى لأول مرة من المفترض أنها كانت مجرد وجود عشوائى للجزيئات الأشبه بأحجار البناء. وباختصار كيف برزت المعلومات ذات المعنى مصادفة من قلب الخردة البالية غير المتماسكة؟

لقد بدأت هذا الفصل بالتركيز على الطبيعة المزدوجة للجزىء البيولوجى بحيث تستطيع أن تكون فى ذات الوقت هاردوير – بالذات التشكلات ثلاثية الأبعاد – وأيضًا سوفت وير. والشفرة الجينية فقط توضح لنا أهمية الوجه المعلوماتى للجزىء البيولوجى. ومهمة شرح أصل الحياة تذهب إلى أبعد من العثور على طريقة كيميائية قابلة للتصديق ولو ظاهريًا فى «الحساء» البدائى. نحن فى حاجة لأن نعرف – على المستوى المفهومى – كيف يؤدى مجرد الهاردوير لبروز السوفت وير؟

تلقى الرسالة:

أقوم حاليًا بتحرير كتابى هذا على كمبيوتر عتيق الطراز يحمل ماركة ماكينتوش التقليدية، وله شاشة صغيرة ويحتاج إلى نقرات رقيقة لكى يعمل، وككل الكمبيوترات، فإنه مصنوع أساسًا من البلاستيك ولكن محتواه الداخلى والحاسم يشتمل على معادن وأشباه موصلات، وهذه جميعًا بالإضافة إلى الأسلاك ولوحة المفاتيح والشاشة الزجاجية تشكل ما نتعارف عليه بالهاردوير، أى الأجزاء المرئية الملموسة من الجهاز. ولكن الجهاز يصبح عديم النفع من دون السوفت وير (أى مجموعة الأوامر المكتوبة بلغة من لغات الكمبيوتر، ونضعها فى الذاكرة الرئيسية له لتقوم بتشغيل الجهاز فى اتجاه تنفيذ مهمة معينة «المترجم»)، الذى يقوده إلى ماذا سيفعل. وبالطبع، فإن الأسطوانات المدمجة ذاتها هى من قبيل الهاردوير، ولكن المعلومات المشفرة المزروعة على سطحها هى التى تهمنا. وهى المعلومات التى يجب على الآلة أن تقرأها. وبمجرد ربط السوفت وير الصحيح مع الهاردوير الصحيح، يصبح العمل جاهزًا ويمكن للبرنامج أن يدور.

والحياة قريبة الشبه جدًا من هذا. فالخلية الحية مصنوعة بدرجة كبيرة من البروتين، وهذا ما يمثل الهاردوير والغشاء المحيط بالخلية يشابه الإطار البلاستيكى للكمبيوتر، ربما أو لكى أكون أكثر دقة تشابه الرقائق الميكروويية **microchips**، والمحفور عليها المطلوب بشكل غير مباشر. وليس من الجيد أن نلقى بكونه من البروتينات فى حاوية، ثم نتوقع بعدئذ حدوث الحياة، حتى ولو معها المواد الخام اللازمة. لأن الخلية لن تفعل شيئًا مبهرًا من دون السوفت وير اللازم. ويجيئنا الإمداد به عادة من الدنا. تمامًا مثل القرص اللين **floppy disk** (الذى يحمل فوق سطحه السوفت وير، ويتم إدخاله فى الهاردوير ليبدأ عمل البرنامج المطلوب «المترجم»). والدنا نفسه هو أيضًا من الهاردوير، ولكن الملمح الحاسم هنا ليس المادة المصنوع منها الدنا، ولكن فى الرسالة المكتوبة بواسطة قاعدياته الزوجية.

ولكن هذه الرسالة فى وسط بيئة جزيئية صحيحة – فى سياق دلالة لفظية صحيحة – ما الذى تتوقعه: إن الحياة تحدث!

وهكذا فإن الحياة عبارة عن خليط فاتن ورائع من الهاردوير والسوفت وير. وما هو أكثر من مجرد التعقيد، بأنها قد أُبلغت بأن تكون معقدة. ودعنى أوضح هذه النقطة الحاسمة البحتة بواسطة زوج من المشابهات. لقد كان القرن الـ ١٩ هو قرن الآلة بلا منازع، حيث تم اختراع الكثير منها. ولنأخذ الآلة البخارية على سبيل المثال: كرتان ملحقتان بروافع تتناوب الحركة التى يحددها ضغط البخار، فإذا ما زاد الضغط تدور الكرة بسرعة، بحيث من خلال قوة الطرد المركزى تدفع صمامًا لكى ينفتح، وبالتالى يخف الضغط. واليوم نصِف المبدأ الذى يقف وراء هذا النوع من الآلية بالتغذية المرتدة **feedback**، ولم نعد نجريها بالكرات، وإنما بدلاً منها نستخدم جهازًا للإحساس، سيقوم بتغذية كمبيوتر صغير أو ما يشبهه وبطريقة كهربائية، معطيًا تعليماته للصمام لكى يفتح أو ينغلق عبر موتور. وسيارة زوجتى لديها شىء من هذا ليحدد كم الوقود بها وكفاءته للغرض. إنه يحدد السرعة التى يجب أن تجرى بها السيارة عندما يكون الوقود فى حالته الدنيا. والفرق بين السحب والدفع فى التحكم الميكانيكى بآلة بخارية والأسلوب الإليكترونى المذكور، هو أن الأول عبارة عن حل للمشكلة بأسلوب الهاردوير، بينما الأخير يعتمد على المعلوماتية والسوفت وير.

إن قوة السوفت وير فى أنها تقوم مقام السطح، الذى يمثل حدودًا مشتركة لحيزين، أى الفاصل بين الطباشير والجبن. أعنى تلك الأنواع المختلفة من الهاردوير التى لا يمكنها أن تتعامل بكفاءة مع بعضها البعض. قارن الصعوبة فى محاولة توجيه طائرة ورقية إلى سهولة الطيران ونعومته الذى تطير به طائرة فعلية، وذلك باستخدام مُوَجِّه عن بعد «ريموت كنترول».

الفرق هنا يرجع إلى الهاردوير فى مقابل السوفت وير. إن سحب أو جر خيوط الطائرة الورقية هو شىء مباشر، ولكنها طريقة خرقاء أو

على الأقل غير رشيقة بالمرة، لاقتـران هـاردوير الطـائرة بهـاردوير الـذى يقود العملية (الشخص الواقف على الأرض). أمـا النظـام المتعلـق بالإرسـال اللا سلكى والذى يقوم أولاً على تشفير التعليمات، ثـم بعـد ذلـك يرسـل هـذه المعلومات بقوة أكبر لتتم ترجمتها على الناحيـة الأخـرى، فهـو نظـام يعمـل بكفاءة أكثر. وبالطبع يمكـن وصـف تـدفق المعلومـات مـن الأرض لطـائرة وبلغة الهاردوير: موجات راديويـة يـتم توليـدها مـن الجهـاز المرسـل إلـى الجهاز المستقبل، حيث تحدث تيارات كهربائيـة مـن شـأنها أن تثيـر الـدوران وتحريك أجنحة الطائرة... إلخ. ومع ذلك، فإن وصـف الهـاردوير علـى هـذا النحو أمر ثانوى بالنـسبة لأداء الطـائرة. لأن الـدور الـذى تلعبـه الموجـات الراديوية هو ببساطة أنها تصبح بمثابـة قنـوات للمعلومـات. الموجـات إذن لا تسحب أو تدفع الطائرة. وبدلاً مـن ذلـك، فـإن المعلومـات المـشفرة تـسخر قوى أخرى أكثر فاعليه للقيام بالعمل.

إن طائرة ورقية متـسمة بالحركـة المتثاقلـة هـى (حرفيًـا) ميكـانيزم سلكى، بينما طائرة قائمة على نظام مـوجى خاضـع للـسيطرة وأكثـر كفـاءة من سابقه بالطبع، هو نظام قائم على آلية المعلومـات المحكومـة. فـى الكـائن العضوى الحى نستطيع أن نرى القـوة الزائـدة الـسوفت ويـر أو المعلوماتيـة. وكيف تمت تنقيتها إلـى حـد لا يـصدق. الخلايـا ليـست ذات طـابع سـلكى كالطائرات الورقية. وعوضًـا عـن ذلـك، فـإن انـسياب المعلومـات يخلـط ويزاوج بين «طباشير» أحماض الجزيئات مـع «الجـبن» البـروتين باسـتخدام الشفرة الجينية. بينما الطاقة المخزنة والقـوى الأخـرى فهـى مـسخرة لعـبء تنفيذ التعليمات المبرمجة مثل اللا سلكى المحكوم فى الطائرة.

وباستخدام هذه الطريقة، فإن مشكلة أصـل الحيـاة تتراجـع إلـى واحـدة تتمثل فى كيف برز السوفت وير المـشفر بالمـصادفة مـن قلـب الهـاردوير. كيف حدث ذلك؟ نحن لا نتعامل هنا مع شـىء بـسيط يتعلـق بتنقيـة وتكيـف.

وليست فقط مجرد تضخيم أو توسيع التعقيد، ولا حتى مزاوجة المعلومات، ولكن مع تغيير أساسى فى المفهوم. إنها أشبه بمحاولة شرح كيف لطائرة ورقية أن تستحيل إلى طائرة قائمة على الموجات المحكومة. هل تسمح قوانين الطبيعة الحالية، وكما نفهمها، بهذا الانتقال؟ لا أعتقد أنها تسمح بذلك. ولكى ترى لماذا لا، فعلينا أن نحفر قليلاً فى عمق السلوك المعلوماتى للحياة.

شفرة داخل الشفرة:

لقد شرحت أن الحياة فى مستواها الأدنى لها نفس البناء المنطقى للكمبيوتر. وهذه الحقيقة تعطينا الفرصة لأن نسبغ بعض الدقة على الأفكار المراوغة، مثل التعقيد والطابع المعلوماتى البيولوجى، وذلك بأن نلجأ إلى نظرية الحوسبة (الكمبيوتر). (وعلى القارئ ألا يعتريه اليأس، فلن أعود فى ذلك للرياضيات المتقدمة). لعل من الكثير الذى يصيبنا بالحيرة والارتباك إزاء الحياة يرجع إلى الاضطراب فى معنى بعض المصطلحات مثل النظام **«order»** والمنظمة **organization** والأنطروبيا **entropy**، والمصادفة **chance**، والعشوائية **randomness**، والمعلومات **information**، والتعقيد **complexity**. هذه الكلمات عادة ما يتم توظيفها بطريقة غير دقيقة وملتبسة، وبصفة خاصة «النظام» و«المنظمة».

ولكن أول الأمر دعنا ننظر فى كلمة «العشوائية»، وسوف أستخدم فى ذلك مثالاً أوليًا، يتمثل فى صف من الواحدات والأصفار كما يظهر فى الشكل (٤-٤). ومن الواضح ألاً عشوائية هناك، ولكن ثمة التكرارية. والطريقة المفيدة فى التعبير عن النموذج المشاهد ذاك يكمن فى مصطلحات «المعلومات» (الطريقة المزدوجة للواحد والصفر يمكن بالطبع استخدامها لتشفير المعلومات، وهذا ما يفعله معظم

الكمبيوترات العادية). ويمكننا إذن، اختصار الخط المشاهد فى الشكل (٤-٤). إلى جملة (اطبع حتى ٢٥ نسخة) فإذا ما اخترت أن أملأ كل الصفحة بصفوف مزدوجة مستمرة، فإنه يندر أن تمتد أو تستطيل الجملة المختصرة تلك. وبكلمات أخرى نحن نستطيع أن نضغط المعلومات المتكررة فى تتابعها إلى صيغة مدمجة أو حسابية، كما يقول الرياضيون. والحساب العشرى هو مجرد «وصفة» أو إجراء رياضى للتعبير أو الإكثار من النتائج المنتجة **output**. وفى الحالة التى نناقشها حاليًا، فإن الحساب المبدئى «اطبع حتى ٢٥ نسخة» يتكاثر أو يكثر من الصف البادى فى الشكل (٤-٤).

1010101010101010101010101010101010101010101010101010

شكل (٤-٤)

صف من تتابع متكرر لنموذج بسيط. ويحتوى على معلومات ضئيلة، بسبب إمكانية وصف بنائه بواسطة إجراء بسيط أو حسبة كمبيوترية بسيطة

والسبب فى إمكانية ضغطنا صفًا طويلاً من الأرقام دون العشرة إلى تعليمات أساسية قليلة، يرجع إلى أن التتابع له نموذج دورى. هذا ويمكننا تخيل نموذج أكثر تعقيدًا أيضًا، سنجده قابلاً للتعبير عنه بصيغة قصيرة أو بطريقة حسابية مقارنة بطول الصف. ومن قبيل المقارنة أيضًا، فإنه إذا كان ثمة صف من الآحاد والأصفار ليس له نموذج أيًا كان - أى لو كان عشوائيًا - فلن نكون قادرين على العثور على وصف قصير له ولا عملية حسابية صغيرة، ستكون قابلة لتكثير النتيجة، مثلما يفعل إجراء كمبيوترى بسيط. وقد صنع جريجورى شاتان **Gregory Chaitin** عالم الكمبيوتر فى **IBM** نظرية شاملة وقوية جدًا، للمعلومات الحسابية والتعقيد، وطبقها على عديد من الأمثلة الفيزيائية ومن بينها الأنظمة البيولوجية[٨]. وقد اقترح تعريفًا للتتابع العشوائى على أنه ذلك الذى لا يمكن ضغطه حسابيًا: أقصر وصف لتتابع عشوائى هو ببساطة: التتابع ذاته.

وباستخدام هذه «الخوارزميـــة» أى برنـــامج الكمبيـــوتر فمـــن الواضـــح أن التتابع العشوائى هو أيـــضًا عمليـــة تتـــابع لمعلومـــات تتـــسم بـــالثراء، لأن المعلومات لا يمكن دمجها فى صيغة بسيطة، وبالمقارنـــة، فـــإن نموذجًـــا غيـــر عشوائى، مثل النموذج التكرارى فـــى شـــكل (٤-٤) يحتـــوى علـــى معلومـــات قليلة جدًا، لأنها يمكن اختصارها فـــى وقـــت قـــصير (اطبـــع حتـــى ٢٥ نـــسخة عشر مرات). وإذا كان بيت القصيد كله من تتابع مـــا هـــو تـــشفير المعلومـــات، مثلما فى الخريطة الجينية مثلاً، فإن هذا لن يفيـــد، وإنمـــا الـــسبيل الأمثـــل هـــى العشوائية.

فى الشكل (٤-٥) يبدو صف الآحاد والأصفار فى حالة عشوائية واضـــحة. ولكن هل يمكننا التأكد من ذلك؟ كيف لنا أن نعرف أنه ليس ثمـــة نمـــوذج صـــلب التركيب يكمن داخل التتابع؟ بالفعل هناك هذا النموذج. فالتتابع البادى فى الأعـــداد الخمسين الأولى من النسبة التقريبية (**Pi=3.14159265-**)، يمكن التعبير عنها بشكل ثنائى. ويمكن توليدها أو إكثارها عن طريق سطور قليلة فى برمجـــة كمبيوتريـــة قائمة على صيغة بسيطة. ومع ذلك فإذا كنت لا تعرف ذلك فلن تستطيع رؤيـــة أى نموذج: التتابع كان متوافقًا مع كل الاختبارات الإحصائية المألوفة عن العـــشوائية. وبالتالى، فإن النسبة التقريبية باستخدام التعريف الحسابى، ليست عشوائية.

11001001000011111101101010100010001000010110100011

شكل (٤-٥)

العشوائية؟ هذا التتابع الثنائى يبدو عشوائيًا، وغير معروف له أى نموذج بعد. ولكنه يحوى نظامًا مخفيًا. إنها فى الواقع أرقام النسبة التقريبية التى يمكن إكثارها بعملية حسابية بسيطة. وبالتالى ليست عشوائية على الإطلاق. وبمعنى من المعانى، فإن التتابع يحوى معلومات قليلة.

حتى الآن وجهت المناقشة على نحو صارم تجاه الرياضيات؟ ماذا عن الطبيعة؟ إنه يمكننا استخدام مفهوم العشوائية الحسابية لإعطاء تعبير قوى عن فكرة «القانون». إن قانونًا طبيعيًا هو فى جوهره عبارة عن طريقة بسيطة لوصف (أو التنبؤ بـ) سلوك معقد وباستخدام مثال معروف جيدًا: انظر لخسوف الشمس، إذا حددت بنجاح تاريخ كل خسوف ناجح وعبرت عنه بشكل ثنائى، فسيمكنك الحصول على صف من الواحدات والأصفار التى ستبدو عشوائية، ولكن ذلك سيكون مظهرًا مخادعًا. ونحن يمكننا استخدام قوانين نيوتن للتنبؤ بتواريخ الخسوف، وكل السمات الأخرى لكل المدارات الكوكبية. وقوانين نيوتن هذه هى صيغ رياضية بسيطة يمكن كتابتها كلها على كارت بريدى صغير، ومن ثم، فإن المعلومات عن كل تلك الخسوفات، بل كل من موقعى الأرض والقمر فى كل يوم من أيام السنة، هى فى الواقع متضمنة فى مجرد حسبه قصيرة. وعليه، فإن نظام الأرض – الشمس – القمر هى معلومات فقيرة الطابع ولكنها تعرض نماذج عميقة عديدة، وكثيرًا من النظم المطردة[٩].

عملية النمذجة أو النظام يتحققان فى حركة الكواكب، وتمثيلها فى وجود حسابيات بسيطة نيوتونية، هو فى حد ذاته مثال لقانون فيزيائى. وعنهما يكون القانون فى حالة عمل، فإننا نعنى أن وصف سلوك نظام ما ليس عشوائيًا، وأن مستقبل النظام يمكن التنبؤ به بدقة بواسطة صيغة مبسطة.

ويمكننا الآن أن نرى الطبيعة الحقيقية للسر البيولوجى، حيث يظهر شكل (٤-٦) تابعًا ثنائيًا مختلفًا. فى هذه المرة. هو خريطة جينية للفيروس **MS2**[١٠]. (التهاب الكبد الوبائى بفيروس ب)، معبرًا عنه باستخدام مايلى: **C=10**، **G=01**، **U=11**، **A=00**: والآن فلنتسأل السؤال: هل الصيغة المعبر عنها فى شكل (٤-٦) عشوائية[١١]؟ أو أنه توجد صيغة حسابية بسيطة، يمكنها أن تظهرها كنتيجة **output** خارجة عن عملية كمبيوترية؟ وبكلمات أخرى، هل هناك شفرة داخل الشفرة الجينية (أى كتابة تُحَرَّر بعد مسح الكتابة الأولى)، ويمكنها أن تكون ذات

نفوذ على الكائن العضوى»؟ وأعتقد أن معظم الناس سيجيبون عن هـذا الـسؤال بالنفى. سوف يشعرون على نحو حدسى أن التتابع هنا لا بد أن يكـون عـشوائيًا. لماذا؟ حسنا افترض أننى كنت عرضت الخريطة الجينية لكائن بشرى بـدلاً مـن الفيروس **MS2**. سوف يكون كريهًا أو متعارضًا أن تقترح أن القدر الأساسى مـن بنيتنا الجسدية والعقلية بما فيها الكثير من شخصيتنا «يمكن اختصاره إلـى مجـرد صيغة»، من المؤكد أن هناك ما هو أكثر من ذلك بالنسبة للكائن البشرى (بل حتى بالنسبة لفيروس) من الذى يمكن إمساكه فى عملية معالجـة حوسـبية كمبيوتريـة تافهة. تخيل أنك جسد وروح - دعنا نقول - تصبح لا أكثر من الجـذر التربيعـى لرقم غير مميز، ومرتبط ككرنك (عمود الإدارة) لماكينة جزيئية تـستخدم أربعـة حروف هجائية.

...0100011101110100100111001101011010111011101010000010...

شكل (٤-٦)

خريطة جينية عشوائية؟ وهذا جزء من الخريطة الجينية لفيروس MS2: والتى بالكاد يجب أن تكون عشوائية، إذا كانت تحتوى على كثير من المعلومات الجينية. الأحماض الأمينية فى البروتينات المسجلة فيها سوف تكون مرتبطة فى نظام عشوائى.

هناك أيضًا سَبَبٌ أقل عاطفية للاعتقاد بأن الجينوم عشوائى بالدرجة الأولى. وظيفة الخريطة الجينية - بعد كل شىء تتلخص فى تخزين المعلومـات الجينيـة. وبوجود التعقيد والتنوعية اللا محدودة تقريبًا فى الأشياء الحية، ومن الضرورى أن تجعلهم يتأقلمون، ومن ثم، فلا بد أن هناك الكثير من المعلومات المتخصصة التـى تحتوى عليها كل خريطة جينية. ولكن إذا كانت الخرائط الجينية وافرة المعلومـات كما تتطلبه وظائفهم الحيوية، فلا بد إذن، أن تكون عـشوائية، (أو بالكـاد تكـون كذلك)[١٢]. إن خريطة عشوائية دورية أو متكررة، على سبيل المثال، سوف تقيدها

أو تعوقها الرسالة الجينية المتكررة بشكل غير نافع، كما مسجل أصيب بعطل. ليس ثمة شفرة داخل الشفرة.

والآن أنت ربما تفكر أنه إذا كانت المنظمة العضوية عشوائية، فإن عملية نشوئها تكون بسيطة لأنه من البسيط أن تنشئ نماذج عشوائية. فقط افتح جرة ملاء بحبوب القهوة وانثر الحبوب على الأرض. وبالتأكيد الطبيعة مكتظة بعمليات، كيفما اتفق «haphazard» وتشتتية **chaotic** التى قد تنشئ عشوائية من الجزيئات الماكروية مثل الخريطة الجينية.

إنه سؤال جيد، ويضع علامة على نقطة أننا نواجه الطبيعة الصارمة بحق، والغامضة للحياة بطريقة قوية وصارمة. الحقيقة الأولى: الأغلبية الكبيرة من التتابعات الممكنة فى حمض نووى جزيئى هو تتابع عشوائى. الحقيقة الثانية: ليس كل تتابع عشوائى يعتبر كخريطة جينية. وبعيدًا عنه، فى الواقع، فثمة شذرة رفيعة، رفيعة جدًا، من كل تتابع عشوائى ممكن سوف تكون حتى موجهة للوظائف البيولوجية. والخرائط الجينية الوظيفية هى تتابع عشوائى، ولكن ليس أى نوع من العشوائية، إنما تنتمى إلى نوع خاص جدًا جدًا من التتابعات العشوائيات البديلة، هى بالذات التى تقوم بتشفير المعلومات البيولوجية ذات الصلة. وكل التتابعات العشوائية ذات الطول نفسه تشفر نفس الكمية من المعلومات، ولكن جودة هذه المعلومات هى مسألة حاسمة: وفى الغالبية العظمى من الحالات، وبالحديث عبر لغة البيولوجيا، ستكون الكتاب الكامل الأكثر تعقيدًا.

والنتيجة التى نكون قد وصلنا إليها تُعَدّ واضحة وعميقة فى الوقت نفسه، وهى أن خريطة جينية وظيفية هى، فى الوقت نفسه، عشوائية وذات خصائص تخصصية على مستوى عال، الأمر الذى يكاد يبدو متناقضًا. إنها لا بد أن تكون عشوائية لتحتوى على كمية حقيقية وجوهرية من المعلومات، كما لا بد أن تكون هذه المعلومات متخصصة ومحددة لكى تكون لها علاقة بما هو بيولوجى. والحيرة التى تواجهنا تتمثل فى كيف لهذا البناء أن جاء للوجود. نحن نعلم أن المصادفة

يمكن أن تثمر عشوائية، ونحن نعلم أن القانون ينشئ مُنتجًا متخصصًا ومحددًا وتنبؤيًا. ولكن كيف لهاتين الخاصيتين أن تجتمعا أو تتضاما فى عملية واحدة؟ كيف ندمج المصادفة مع القانون ليتعاونا فى إنجاز بناء عشوائى ومتخصص أو محدد معًا.

ولكى تعرف بعضًا من الفكرة عما نواجهه هنا فى هذه المتاهة، فهى مثل إفراغ حبات القهوة من الجرة، بحيث تشكل هذه الحبات فوق السطح الذى ستنتثر فوقه، نموذجًا عشوائيًا فى بدايته. وليس مجرد نموذج عشوائى قديم، ولكن نموذجًا عشوائيًا سابق تحديده، وضيق التخصص، وواضح لا لبس فيه. الهدف هنا يبدو مرعبًا وهائلاً. هل يمكن لقانون فى حد ذاته ومن دون عنصر حَظّ كبير (كالمصادفة مثلاً) أن يفعل مثل هذا الشىء؟ هل لعشوائية محددة أن تكون المنتج المضمون لعملية تشبه القانون ومقدرة سلفًا وميكانيكية، مثال الحساء البدائى متروكة تحت رحمة القوانين المألوفة للفيزياء والكيمياء؟ لا . إنها لا تستطيع. ليس ثمة قانون للطبيعة نعرفه يسمح بإنجاز ذلك. إن الحقيقة ذات المعنى الأكثر عمقًا سوف نراها فى الفصل العاشر.

إذا كنت قد وجدت شيئًا من الدفع أو الحث فى هذه المناقشة الجارية فلا بد أنك ستكون متسامحًا مع ما تضمنته من أن الخريطة الجينية هى نوع من الإعجاز الأعجوبى. ومع ذلك، فمعظم المعضلات التى أبرزتها مسبقًا تنطبق على القوة المعادلة لتطور الخريطة الجينية عبر الزمن. وفى هذه الحالة فإن لدينا حلاً جاهزًا للمتاهة نطلق عليه: «الداروينية». المتغير الإحيائى العشوائى، بالإضافة للاختيار الطبيعى هما اللذان يقدمان زنادًا لتكاثر المعلومات البيولوجية بحيث تمتد خريطة جينية قصيرة، لتصبح خريطة جينية عشوائية طويلة عبر الزمن. المصادفة هى التى تُعَذِّر التغير الإحيائى، والقانون هو الذى يُعَذِّر شكل الانتقاء للتجمع الصحيح للعشوائية والنظام المطلوب أو الذى يحتاج إليه إنشاء «الشىء الممكن». هذا والمعلومات الضرورية، وكما رأينا، تأتى من البيئة المحيطة.

والآن فإن التطور الداروينى هو عملية طويلة وشاقة على الحياة أن تناضل بقوة لكى تُحكِم وتتقن هذه «البركة» من الجينات على هذا النحو. ولكن ماذا عن الخريطة الجينية الأولى؟ هل كانت بدورها نتاجًا لعملية تطور مشابهة جرت بقوة؟ أو أنها عملية، جاء تعقيدها هكذا من دون مقابل؟ يعلم علماء الكمبيوتر عن معضلات كمبيوترية معينة يتعذر إنقاص تعقيدها، بما يعنى أنها لا يمكن اختزالها لمنتج أبسط وأكثر أناقة. ومن أشهرها المسألة المعروفة بمعضلة مندوب المبيعات المتجول، والمتضمنة أن يجتاز الرجل أقصر الطرق لمجموعة من المدن، شريطة ألا يزور إحداها أكثر من مرة. معضلة مثل هذه تصبح عسيرة على الحل أو المعالجة عن طريق العمليات الكمبيوترية، ليس لأنها غير قابلة للحل، ولكن بسبب كمية العمليات الحوسبية المتطلبة التى تتصاعد بالحد فى حجم المشكلة (نسبة إلى كم المدن الموجودة فى المثال)[١٣].

ويظهر أن عملية التقدم المعلوماتية التى تحتاج إليها لتكاثر الخريطة الجينية ربما تصبح من العسير معالجتها كمبيوتريًا. وتصنيف أو اختيار نوع معين من التتابع العشوائى من التتابعات الممكنة يعد نوعًا من الترويع كعملية ترحال مندوب المبيعات الذى عليه أن يزور مليون مدينة. والتى تطلق المتناقضة المركزية للنشوء الإحيائى فى المراحل الزمنية التالية. وبمعرفتنا أن الأمر يتطلب حوسبة كمبيوترية طويلة وقاسية (مثل تتابع لخطوات تقدمية معلوماتية)، لكى تتطور خريطة جينية من الميكروب إلى الإنسان، هل تستطيع الخريطة الجينية لميكروب (مع احترامنا الكامل له) أن تأتى للوجود عبر عملية كمبيوترية طويلة وقاسية؟ كيف، وقبل أن يجىء طور أو حقبة التطور الداروينى، يستطيع نوع خاص جدًا من المعلومات أن يبرز مكتسحًا أمامه بيئة غير حية ثم يتموضع، مودعًا نفسه فى شىء كالخريطة الجينية.

ومن خلال الاستضاءة بنور نظرية الحوسبة الكمبيوترية، فإن معضلة النشوء الإحيائى تبدو محيرة تمامًا كما تبدو أمام عينى الفيزيائى والكيميائى. والصعوبات

ليست تقنية تمامًا. ثمة مشاكل فلسفية غائمة في الأفق أيضًا. مفاهيم مثل «المعلومات» «السوفت وير» لا تأتي من العلم الطبيعي على الإطلاق، ولكن من نظرية الاتصالات (انظر الفصل الثاني)، وهي تتضمن أشياء ذات جدارة مثل سياقات وأحوال من التوصيفات والأفكار الغريبة تمامًا عن وصف الفيزيائيين للعالم.

وبعد، فمعظم العلماء أيدوا المفاهيم المعلوماتية وشرعية تطبيقها على الأنظمة البيولوجية، ورَحّبوا بالتعامل مع معلومات علم دلالات اللغة كما لو كانت كميات من الطاقة. ومن سوء الحظ أن الـ «معنى» يبدو كما لو كان قريبًا من «الغرض»، وهو موضوع «تابو» (أي مقدس لا يتوجب المساس به) مطلق في البيولوجيا. وهكذا تُركنا مع التناقض، الذي تحتاج استعماله أو تخصيصه للمفاهيم النابعة من الأنشطة البشرية الهادفة (الاتصالات، والمعنى، السياقات، علم دلالات اللغة) للعمليات البيولوجية، التي تبدو بالتأكيد هادفة، وهي في الحقيقة ليست كذلك (أو ليس مفترضًا أن تكون كذلك).

ثمة خطورة واضحة في علم التخطيط أو وضع خطة لمستويات الطبيعة المدركة والمشتقة من عالم الشئون البشرية. كما لو كانت جوهرية أو حقيقية للطبيعة ذاتها. وبعد كل شيء، فإن الكائنات البشرية هي نتاج للطبيعة ولو أن للبشر هدفًا، فحينئذ ولمستوى معين، تكون الغرضية أو «الهدفية» قد ظهرت بدورها من الطبيعة، وبالتالي توارثت فيها. ولو أن خاصية «الهدفية» تلك قد ظهرت فقط، متصلة بمستوى عالٍ من النوع الإنساني العاقل، أم أنها في الحيوانات الأخرى أيضًا؟ متى سعى الكلب وحفر الأرض بحثًا عن عظام مدفونة فيها؟ هل الرغبة في أن يسترد هذه العظام؟ وكيف اقتربت أميبيًا وغمست أو غمرت جزءًا صغيرًا من الطعام. وهل كانت تنوي إبتلاعه؟ وربما كانت «الهدفية» هي خاصية حقيقية للطبيعة على مستوى النسيج الخلوي أو ربما على مستوى النسيج الخلوي الثانوي؟ ليست ثمة أجوبة متفق عليها عن هذه الأسئلة[١٤]. ولكن لا أهمية لأصل الحياة ولا يكتمل تقديره دون إعلان تلك الأسئلة.

الهوامش

(١) من المعروف أن هناك حدودًا أساسية لما يمكن اكتشافه فيما يتعلق بالنظم الأساسية. على سبيل المثال فإن لا يقينية هايزنبرج كمبدأ فى ميكانيكا الكم تمنع معرفة موقع وحركة الذرة فى وقت واحد. وعلى ذلك فهناك لا إمكانية أساسية للنفاذ إلى الطبيعة على مستوى الذرة. وربما يكون سر أصل الحياة هو الآخر مما لا يمكن النفاذ إليه؟ والفيزيائى نيلز بور **Niels Bohr** أحد مؤسِّسى ميكانيكا الكم اعتقد هذا المنحى فى إحدى المرات، وانتهى إلى أن الحياة ربما تخفى سرها عنا بنفس الطريقة التى تخفى الذرة عنا سلوكها. «ومن منطلق هذه النظرة، فإن وجود الحياة يجب أن نعتبره كحقيقة مبدئية لا يتسنى شرحها» وهذا بنص تعبيره. انظر: الضوء والحياة **"Light and Life"** لـ: نيلز بور **(Nature 131, 421 and 457 (1933))**.

(٢) يصادف أن عدد الأحماض الأمينية المستخدمة يصل إلى واحد وعشرين حمضًا.

(٣) التحولات الرئيسية فى التطور **«The Major Transitions in Evolution»** لـ: جون ماينارد سميث **John Maynard- Smith** وإيروس ساثمارى **Eörs Szathmáry**.

(Freeman, Oxford and New York 1995, p. 81).

(٤) تطـــور الـــشيفرة الجينيـــة **«Evolation of the genetic code»** لـ: كـــــارل ووز **Carl Woese**.

(Natur Wissen Schaften 60, 447 (1973)).

(٥) يمكن العثور على اعتبار تقنى فى: نموذج فائق النظامية لتطور «الشيفرة الجينية» **"A Supersymetric Model for the Evolution of the genetic code"** لـ: ج. د. باشفورد **"J.D. Bashford"** وآى. تسوهانتجيز **"I. Tsohantjis"** و ب. د. جارفيز **P.D. Jarvis**.

(Proceedings of the National Academy of Science USA 95, 987 (1998)).

(٦) ثمة دليل ظرفى مثير للاهتمام، ظهر مؤخرًا عن رابطة أخرى بين الشفرة الجينية والفيزياء الأساسية. وهو اكتشاف باتل "Patel" أن حساب جروفر Grover فى الحوسبة الكمية يرجح الأرقام ٣، ٤، ٢٠ وقد ناقشت هذه المسألة باختصار فى المقدمة.

(٧) مما يثير الاهتمام ما يظهر من أن ثمة تتابعات أو نتائج تبعية عشوائية فى الدنا والتى تعرف – ولسبب واضح – بأنها نفاية الدنا، والتى لا تقوم بأى دور حاسم.

(٨) انظر على سبيل المثال: المعلومات والعشوائية فى اللا تمامية، أبحاث عن نظرية المعلومات الحسابية لـ: جريجارى شاتان "Gregary Chaitin".

(Second edition, Word Scientific Press, Singapore 1990) ويقوم عمل شاتان على أفكار سابقة لـ: إيه. ن. كولموجوروف «A.N. Kolmogorov» وراى سولومونوف «Ray Solomonoff» ويمكن الاطلاع على هذه الأعمال المبكرة فى: مقدمة فى التعقيد لـ: كولموجوروف وتطبيقاته" An Introduction to Kolmogrorov Complexity and Its Applications" لـ: منج لى "Ming Li" وبول فيتانيى "Paul Vitanyi".

(Springer- Verlag, New York 1997).

(٩) ربما يكون تعبير «النظم المشوشة Chaotic Systems وهى أمثلة على النظم التى يكون سلوكها بالضرورة عشوائيًا، وبالتالى لا يصبح الانضغاط الحسابى ممكنًا معها.

(١٠) بعض الفيروسات يستخدم الرنا أكثر من الدنا (انظر الفصل الخامس). وهذا مثال واحد تم استقاؤه من: المعلومات وأصل الحياة "Information and the Origin of Life" لـ: بيرند- أولاف كوبرز "Bernd- Olaf Küppers».

(MIT Press, Cambridge, Mass. 1990, p. 101).

(١١) معظم النظم الجينية لن تكون بالطبع متتابعات عشوائية بالكامل، إذا كان السبب فقط يرجع لقواعد الترقيم فى الشيفرة الجينية. بالإضافة إلى أن العدد الوافر من الدنا ربما يتضاعف أو

ينقلب رأسًا على عقب، خاصة فى نوع الإيكاريوت(*) "Eukaryotes". ومع ذلك يمكننا أن نبعد هذه العاديات المنتظمة الكثيرة والبسيطة فى آن معًا، ويظل السؤال عما إذا كان المتبقى عشوائيًا. ولم يسبق إدراك نموذج نظامى داخل تعاقبات البروتين التخصصى الفردى.

(١٢) كان شرودنجر "Shrödinger" واضحًا عندما وضع حدسًا بأن النظام الجينى لا بد أن يحتوى على «بللورة لا نظامية فى حدوثها": ووضع مقارنة بين بللور عادى ونموذج ورق الحائط، وأبدى ملاحظته بأن النظام الجينى كان أشبه كثيرًا بنسيج مطرز كثير النقوش. انظر: ما الحياة؟ "What is Life?" لـ: إروين شرودنجر "Erwin Shrödinger".

(Cambridge University Press, Cambrdige 1944, p. 64).

وهناك أيضًا مناقشة واضحة للغاية فى التفرقة بين النظام والتنظيم أو المنظمة، ومشتملة على تقدير تفصيلى عن لماذا يكون النظام الجينى عشوائيًا ومتخصصًا فى الوقت نفسه، تجدها فى: نظرية المعلومات والبيولوجيا الجزيئية " Information Theory and Molecular Biology" لـ: هوبرت يوكى "Hobert Yockey". (Cambridge University Press, Cambridge 1992).

(١٣) وعلى نحو أكثر تحديدًا، فمن المعتقد (وإن لم تتم البرهنة عليه على نحو دقيق) أن مشكلة «البائع الجوال» تنتمى لطراز المشكلات الكمبيوترية والتى لا يمكن حلها فى إطار ما يسمى الزمن كثير الحدود "Polynomial". لأن كثيرًا من المشكلات الكومبيوترية يظهر فيها زمن الحوسبة، إمّا كجزء من التعقيد وإما كوظيفة زمنية له متعددة الحدود. وهناك مشكلات أقل تعقيدًا ربما تتطلب، على سبيل المثال، زمنًا جاريًا ذا طابع أسّى.

(١٤) ثمة رد إيجابى حول مستوى العضويات ذات الخلية الواحدة تجده فى: التماسك الكمى فى الكائنات الأنبوبية المايكروية: أساس عصبى لظهور الوعى " Quantum Coherence in Microtubules: a Neural basis for emergent consciousness" لـ: ستيوارت هاميروف "Stuart Hameroff"

(Journal of Consciousness Studies, 1, 91 (1994)).

(*) الكائنات ذات الأنوية الحقيقية، حيث توجد بها نواة مغطاة بغشاء نووى وتوجد خارج تلك الأغطية المكونات الخلوية، وهى عادة خلايا الكائنات الأولى فى الوجود. (المترجم).

الفصل الخامس

متناقضة البيضة والفرخة

منذ عدة سنوات مضت، قدّم التليفزيون الإنجليزى الشهير BBC مسلسلاً فاتنًا، وإن كان مثيرًا للإحباط بعض الشيء، عن قصة من الخيال العلمى تدور حول وباء مرضى اكتسح أمامه أغلب الجنس البشرى. ولم يبق حيًا إلا حفنة من الناس، اضطروا إلى معايشة وجود غريب، باذلين أقصى ما يستطيعون. والذين بمواصلة العيش فقد أجهدوا مصادر الغذاء المتاحة، حتى أصبح هذا المجتمع المحاصر مهددًا بالفناء والانقراض. وفى ظل ظرف يبعث على التشاؤم مثل هذا، جرى حوار بين الشخصيتين المحوريتين فى المسلسل يحوى فى صميمه قدرًا من الضيق وعدم الوثوق فى المستقبل، حيث تساءلت المرأة: ما الذى سوف يحدث عندما تنعدم مصادر الطعام. وحاول شريكها أن يثير فيها الشجاعة اللازمة حين أجابها بأنه على الناس أن يبدأوا فى صنع أشياء لأنفسهم، وأضاف مؤكدًا المعنى الذى ذهب إليه: إذا ما أعطيت «منشارًا» لأى امرئ، فسيصبح قادرًا على صنع مائدة. ولكنها أجابته على الفور بإجابة معاكسة، وتنبئ عن امتلائها بالإحباط: ولكن ما الذى سيحدث إذا ما انكسر آخر منشار؟ ليست لديك أى أدوات لصنع أدوات!

ولكن الميزة التى اتسم بها هؤلاء الذين صارعوا من أجل بقائهم – وبالمناسبة كان هذا هو عنوان المسلسل «صراع البقاء» – تمثلت فى إلقاء الضوء على حقيقة «الاعتمادية» التى تقولب مجتمعنا التقنى الحالى، بمعنى أن كلاً منا يحتاج للآخر بقدر ما يحتاجه هذا الآخر كيما تستمر الحياة، وهذه الصورة تستعيدها الحياة ككل، فالخلية الواحدة تعد مجتمعًا من الجزيئات الذاتية الإبقاء على نفسها فى إطار مدروس بإحكام وغاية فى التعقيد، والتى يعتمد كل جزىء فيها على الآخر. خذ

مثلاً الدنا، إذ بالرغم من طوال بقائه لدرجة متجاوزة، فهو لا يستطيع أن يفعل شيئًا من تلقاء ذاته بسبب عقمه الكيميائي. إن لديه جدول أعمال كثيرة، ولكن لكى ينجزها عليه أن يسأل المساعدة من البروتينات. وكما شرحت سلفًا فإن البروتين تصنعه آلات معقدة جدًا والمسماة الريبوسومات، طبقًا لتعليمات مشفرة تتلقاها من الدنا عبر الرنا «الراسل». والمشكلة هنا فى كيف للبروتين أن يتم صنعه من دون تشفير الدنا لتعليمات صنعه، ولراسل الرنا أن يقوم بنسخ هذه الشفرة أو تغييرها من حال إلى حال وللريبوسومات أن تقوم بتركيبها طبقًا لهذه التعليمات؟ ولكن من دون تواجد هذا البروتين، كيف للدنا وسائر تلك العناصر أن تواجدت فى الأصل؟ المسألة تشبه أحجية أى منها كانت الأسبق فى الوجود عن الأخرى.

كل الحياة كما نعرفها تدور حول الاحتضان المريح والدافئ والحميمى بين الدنا والبروتين: السوفت وير والهاردوير. كل منهما يحتاج للآخر. وعليه فأى منهما جاء قبل الآخر؟ وقد تناولت بلورة هذه المشكلة بالفصل الثانى فى متناقضة البيضة والفرخة (أيهما سبق الآخر)، مركّزًا على ما سميته «الخطأ المأساوى» الذى يمكنه أن يحدد أخطاء الطبع فى عملية النسخ الجينى. ولكن المشكلة أكثر عمومية من ذلك. يبدو أن ثمة دائرة غامضة هنا وتعقيدًا لا يمكن تعريضه للانقاص حتى إن بعض الناس يعتبر الأمر نموذجًا للغموض والألغاز(١).

وفى هذا الفصل سوف أناقش المحاولات المختلفة التى حاولت الاقتراب من هذه الدائرة «الشريرة» وحل غموضها ذاك، ولكن دعنى فى البداية أضع أمامك نقطة عامة لها أهميتها: الدراما التليفزيونية التى أشرت إليها ذَكَّرتنا جميعًا بأن النظم المعقدة، قد تضع نفسها فى شكل دائرة من الاعتمادية غير قابلة للإلغاء أو السير فى الاتجاه العكسى. ولا أحد يقترح أن المجتمع التقنى لا يتسنى له أن يظهر بالتطور الطبيعى لمجرد أن كلاً منا يحتاج للآخر فى يومنا هذا. وخذ مثلاً بسيطًا: يقوم الحداد بعمل أشكال معينة من الحديد بواسطة أدوات حديدية. إذن هو يحتاج لآلة حديدية ليستطيع عمل آلة حديدية. وعليه فمن أين جاءت الآلة الأولى؟ هل

يجب أن تقع من علٍ فى يديه جاهزة الصنع؟ بالطبع لا. ربما استخدم الحدادون الأوائل هراوات على سبيل المثال، أو أدوات حديدية أخرى، لكى يشكلوا أول «قادوم».

من الممكن أن تبرز دوائر تقنية متميزة بطرق عديدة مختلفة من خلال بدايات مرتبكة ومترددة، ولكن بمجرد تأسيس دائرة منها سرعان ما يجرى تنقيحها. وحين يحدث ذلك فإنه تبقى بعض آثار من الحالة السابقة الأدنى فى التقنية. الكائن العضوى اليوم مليء بالدوائر الكيميائية الشديدة التقنية، والتى على نحو ما لا بد أنها ظهرت من خلال مجموعات جزيئية، طال نبذها وانقضى على ذلك وقت طويل. ويمكننا أن نلمح هنا مبدأً عامًا يساعدنا فى شرح كيف حدث هذا: (أ) يحتاج (ب)، و (ب) يحتاج (أ). ثمة حلقة من السببية فى هذه التغذية المرتدة **feedback**. فأى تغيير صغير فى (أ) سوف يرتد إلى (ب) والذى سيؤثر بدوره على (أ)، وهكذا تدور الحلقة وتدور. وهذه التغذية المرتدة (والمُسبّبة)، يمكنها أن تسفر عن تضخيمات أو مضاعفات دراماتيكية فى مجال التأثير. إذا ما تم تطور جيد لـ (أ) مثلاً، وبشكل صدفوى، فإنه بالتالى سوف يصلح من شأن (ب) والذى سيتطور بدوره. وهكذا سيتأكد – على نحو سريع – هذا التحسن ويَتعزّز ويسود.

ولا أحد يتوقع أن الأحماض الأمينية والبروتينات قد جاءت هكذا جاهزة الصنع، بما لها من خصائص المنافع المتبادلة على الطريقة الموصوفة هذه. إذ لا بد أن تعاونًا أو تشاركًا كيميائيًا فجًا أو فى شكله الخام، هو الذى برز فى البداية، ثم تعرض للتحسن والشحذ المستمر، حتى أصبح فى شكله الحالى من خلال تعاقب حلقات من التغذية المرتدة فى الوقت الذى عمل فيه «الاختيار» الداروينى عمله. وعلى نحو ما خلال تلك العملية الطويلة الأجل انفصل الهاردوير عن السوفت وير أعنى «البيضة» عن «الفرخة». وهذا كله محل اتفاق كبير بين الجميع، أما الذى لا اتفاق فيه هو النظام الذى جرت به الأحداث، إذ يثار الجدل المشحون بالحنق فى أيهما الذى بدأ فى الوجود أولاً.

الـــــرنا RNA فى البداية:

وبنظرة خاطفة على من الذى يهيمن على الخلية الحديثة يَتكشّف أن الشخص الذى يقوم بدور الرئاسة هو الدنا DNA، من خلال إدارتـــه للعـــرض كلـــه عبـــر تعليماته المشفرة، جاعلاً الرنا هى التى تحمل على عاتقهـــا كـــل العمـــل الفـــائق والساحر، حيث هى التى تقول للريبوسومات كيـــف ومتـــى تُـــصنع البروتينـــات. والبروتينات، ولو أنها تبدو مستسلمة لمصيرها، إلا أنها هـــى التـــى تـــشكل دور «العمالة» الحقيقية.

وكما سبق أن شرحت أن دور الدنا هو بمثابة عملية كيميائية ضعيفة القيمـــة ولكن قيمتها ترتفع بالنظر للدور المتسم بالعقم لابن عمومتها أو نظيرها: الرنا، وإن كان فى الواقع يقوم بأدوار مختلفة ومتعددة الجوانب والأهداف فى الخلية، والتـــى تبدو أنها تتعاصر مع أشكال الحياة الأولى. ومن بين الوظائف العديدة التى يؤديهـــا فإنه ينسخ ويُعَدّ إجراء التناوب فى هذا النسخ لتعليمات الدنا. وبالتالى فهـــو بـــذلك يقوم بعمل حاسم، وإن كان ثانويًا فى المسألة الجينية. ناهيك أن الرنا يكـــاد تكـــون لبناته هى الحروف الألفبائية الأربعة مثل الدنا، كما أنـــه يـــستطيع أن يلعـــب دور الخارطة الجينية. وكأمر واقع فهو يقوم أحيانًا بهذا الـــدور: بعـــض المقـــابلات أو التضادات المعينة يستخدم الرنا بدلاً أو فى محل الدنا. وهكذا فـــإن الرنـــا بالتأكيـــد يمكنه أن يقوم بوظيفة مخزن الجينات، وهو أكثر هشاشة من الدنا، إلا أن هـــذا – وبكل الوسائل – لا فائدة له.

فى ستينيات القرن الماضى وفى معهـــد ســـولك **Solk** فـــى جـــولا **Jolla** بكاليفورنيا، اقترحت ليسلى أورجيل **Leslie Orgel**، أنه من المحتمل أن الرنا جـــاء فى البداية ليس فقط قبل الدنا، وإنما أيضًا قبل البروتينات. والسؤال الواضح هو ما الذى قام بدور الإنزيمات فى غيبة البروتينات، وقد جاءت الإجابة الممكنة فى عـــام ١٩٨٣ حين اكتشف كل من: توماس ســـيش **Thomas Cech** ومعـــاونوه بجامعـــة

كلورادو وسيدنى ألتمان **Sdney Altman** بجامعة ييل **Yale** أن الرنا ناشط كيميائيًا بدرجة كافية، لأن يقوم بنفسه بدور مادة حافزة ضعيفة[٢]. إذ يستطيع الرنا أن يشابه إنزيمات معينة والتى يمكنها أن تسهل اختراق أو شق الطريق لخيوط أخرى من الرنا، وسرعان ما سلط البيوكيميائيون الضوء على أن الرنا تستطيع على نحو ما أن تحفز نسخها الذاتى. ومن ثم ربما بدأت الحياة بـ «حساء» من جزيئات الرنا لعب دورًا مزدوجًا: كمخزن للجينات، وعندما انفردت لتشكل هيئة مناسبة ثلاثية الأبعاد أصبحت مادة محفزة: وهكذا نشأ السوفت وير والهاردوير بعد ذلك فى نفس مجموعة الجزيئات[٣]. وهذه النظرية أصبحت معروفة باسم عالم الرنا **"RNA World"**.

افترض المؤيدون لهذه النظرية أن ظهور «الحساء» المحتوى على جزيئات الرنا قد وقع من خلال نوع من العمليات الداروينية. ومن الطبيعى أنه تتزامل أو تتشارك الداروينية مع كائن عضوى كالخلايا، لأنها لا تحتاج من حيث المبدأ إلا لإعادة النسخ أو الطبع والتنوع والاختيار، وكل هذا يمكنه أن يحدث، حتى على مستوى الجزيئات، ويستخدم البيوكيميائيون مصطلح «التطور الجزيئى» أو «الجزيئية الدارونية» لوصف ما حدث. وهى نقطة محل نقاش: عما إذا كنا سنعرف أى شىء حى بأنه قد ظهر بطريقة داروينية. وإذا كان ذلك صحيحًا، فربما نستطيع اعتبار جزيئات الرنا (فى بيئة كيميائية مناسبة) كأشياء حية.

وفى بواكير ستينيات القرن الماضى، كانت قد جرت تجربة شهيرة حاولت إظهار أن الداروينية تعمل على مستوى الجزيئات[٤]. والتى قامت أساسًا على فيروس رنا يحمل اسم **QB**. وهذا الفيروس هو ببساطة فيروس رنا أو دنا له غطاء بروتينى. ومع أن الفيروسات تستطيع تخزين معلومات جينية، فإنها لا تستطيع أن تقوم بالنسخ من تلقاء ذاتها، ولكى تقوم بذلك فهى تغزو الخلايا وتختطف أدواتها الإنتاجية، وتتبناها لدرجة إنتاج مزيد من الفيروسات. وتدل حقيقة أن بعض الفيروسات تستخدم الرنا لصنع خريطة جينية أو جنس أو عرق، أنها ربما تكون من البقايا القديمة التى لا تزال قائمة من «عالم الرنا».

وفيروس QB لا يحتاج لأى شيء معقد كالخلايا ليعيد نسخ نفسه، وإنما تكفيه أنبوبة اختبار مملوءة بكيميائيات مناسبة. وهذه التجربة التى قادها سول سبيجيلمان Sol Spiegelman من جامعة اللينويز Illinois شملت تقديم الرنا الناشئ فى وسط يتكون من الإنزيم الناسخ للرنا، فضلاً عن مدد من المواد الخام وبعض الأملاح مع توفير «حاضنة» لهذا الخليط. وعندما فعل سبيجيلمان هذا ساعد النظام على نشوء نسخ من خيوط أو جدائل الرنا، الواضحة. وحينئذ استخلص بعضًا من التركيب الاصطناعى للرنا ووضعه فى محلول مغذ منفصل، مهيئًا بذلك الجو لتضاعفه، وبعد ذلك نقل بعض من هذا الرنا إلى محلول آخر، واستمر فى هذا الإجراء فى سلسلة من الخطوات.

يتلخص تأثير السماح بالنسخ غير المُرشّد بتعليمات محددة فى أن الرنا الذى تضاعف بسرعة قد كسب المعركة وانتقل إلى الجيل التالى فى الخطوات المشار إليها. وعملية النقل من محلول إلى آخر تلك حينئذ حلت محل، وبدرجة عالية من التسارع، العمليات التنافسية الأساسية للتطور الداروينى والتى عملت مباشرة على الرنا. وفى ضوء ذلك فقد تشابهت مع «عالم الرنا».

وكانت نتائج سبيجليمان هذه مشهدية. وكما هو متوقع، فقد وقعت أخطاء فى النسخ. ولكن بالتحرر من مسئولية العمل من أجل الحياة، والحاجة لصنع أغطية بروتينية، فسرعان ما اضمحلت حفنة خيوط الرنا التى لم تكن تزيد على ملء ملعقة صغيرة، عازلة جزءًا من الخريطة الجينية التى لم تعد مطلوبة، والتى كانت مجرد عائق لها. وجزيئات الرنا تلك التى أمكنها النسخ بسرعة، سرعان ما أصبحت هى المهيمنة، لسبب بسيط يتحصل فى أنها ضاعفت المنافسة. وبعد ٧٤٠ جيلاً والتى بدأت كجديلة رنا ذات ٤٥٠٠ جزىء قاعدى انتهت إلى خريطة جينية أو عرقية متفرّدة لها فقط ٢٢٠ قاعدة. هذا النسخ الخام الذى لا رمزية فيه أو زينة ما تَفْرِقه عن غيره اصطلح على تسميته «وحش سبيجيلمان».

ومهما كانت نتائج التجربة مُرَوِّعة، وتبدو كما لو كانت غير قابلة للتصديق، فقد بقى فى الجب ما هو أشد، إذ قام مانفريد إيجن Manfred Eigen وزملاؤه عام ١٩٧٤ بتجربة(٥) احتوت «حساء» آخر يشمل الإنزيم الناسخ للفيروس QB وبعض الأملاح وشكلاً محفزًا من القواعد الأربع المكونة لِلَبِنات الرنا. لقد حاولوا تنويع الرنا الذى أضيف مبدئيًا للخليط. ومع التناقص السريع لكمية الرنا المضافة، فقد وجدت التجربة أنها حفلت بعدم إعاقة النماء على نحو أُسِّى الطابع. حتى لو كان المضاف جزىء رنا واحد، فقد كان كفيلاً بشحذ انفجار فى الأعداد المنسوخة. ولكن شيئًا غريبًا تم اكتشافه، هو أن خيوط أو جدائل الرنا تظل تنتج حتى ولو لم يضف واحد من جزيئات الرنا الناشئ! وللعودة للمشابهة الهندسية التى أقمتها فى هذا المجال، فإن هذا يشبه إلقاء كومة من طوب البناء فى خلّاط عملاق، أنتج منها شيئًا إن لم يكن شبيهًا بالمنزل، فهو على الأقل يشبه الجراج. وقد وجد إيجن فى البداية أن النتائج يصعب تصديقها، واشتبه فى أن تلوثًا ما قد وقع. وسرعان ما أقنع القائمون على التجربة أنفسهم بأنهم كانوا شهود عيان من اللحظة الأولى على تركيب خيوط أو جدائل الرنا الصدفوية تلك، عبر لبناتها البنائية. وكشفت التحليلات عن أنه فى ظل مشارطات تجريبية معينة فإن الرنا المنشأ ذاك يشبه «وحش سبيجيلمان».

وبدا للبعض أن تجربة إيجن تتعادل مع نشأة الحياة فى أنبوبة اختبار. لكن تذكر أن الرنا الذى استخلصه سبيجيلمان من فيروس، كان ينظر إليه عبر بعض التعريفات على أنه شىء حى. وبمتابعة مراحل مستمرة من التجريب والخطوات المتعاقبة أنتج أنبوب اختبار متحول أو متغير، والذى كان أصغر كثيرًا ولكنه يظل قادرًا على أن تتم فيه عملية النسخ. وبدأ إيجن العملية من القاعدة للقمة، محققًا جزيئًا. قام بتجميع أو تركيب ذاته عبر لبنات بناء بسيطة، وشبيه بما سبق أن اشتقه سبيجيلمان، وتم النظر إليه على أنه شىء حى. ولم يكن ثمة خط عابر لهذا الممر أو معترض له، ولا شىء يفصل مجال الشىء الحى عن غيره غير الحى. وهى

مرحلة تم تعريفها على أنها تكاد توصل من مخلوط كيميائى بسيط إلى حتى فيروس ممكن أو قابل للحياة.

هل عكست تجارب إيجن الخطوات التى اتبعتها الحياة فى نشأتها من مواد غير حية؟ من الواضح أن هذا ليس صحيحًا. ربما كانت التجارب تتسم بالإثارة، ولكنها اصطناعية إلى حد بعيد، ومفتقدة عالم المشارطات الطبيعية التى سادت على الأرض الباكرة. وبصفة خاصة فإنه لكى يتم تركيب رنا، فإن إيجن قد استخدم خليطًا كيميائيًا تم إعداده بعناية كبيرة، والذى اعتمد فيه بشكل حاسم على إنزيم ناسخ معد أو مستخلص وفقًا لهدفه من كائن عضوى حى. وهذا الإنزيم متخصص بدرجة عالية، وهو ليس من نوع الجزىء الذى كان قائمًا فى الجوار على الأرض قبل بزوغ الحياة. لقد ابتعد إيجن كثيرًا عن إثبات أن قاعديات الحامض النووى، سوف يتصادف أن تتركب وتتكاثر عبر مخلوط غير متماسك مثل «الحساء» البدائى.

وكثير من البيوكيمائيين يسلمون بذلك ويذعنون له، ويتساءلون عما إذا كان الرنا فى الواقع هو أول جزىء تكاثر فى طوبة البناء. وبعد كل شىء، فإن طَبْعة أو مُعيِّرَة التكاثر تلك ربما عَمِلت مع كثير من الأنواع الأخرى من الجزيئات لها سمات الأبسط والأسهل فى التراكيب البنائية... إذ بمجرد أن تأخذ طبعة التكاثر طريقها، فإنها سوف تكون قابلة للإصلاح والتنقيح الناجح من خلال التطور الجزيئى. وكل تَحوّل أو تَغيّر أساسى يستطيع أن يتزايد عبر كفاءة عملية التكاثر، سوف ينتشر بسرعة خلال «الحساء» الكيماوى بسبب تأثير «التضاعف». وفى مرحلة معينة، فربما تنتج عملية التنقيح المستقر الرنا، كأحسن تكاثر فى المجال المحيط. ومن الممكن أن تشمل أول جزيئات منتجة عدة قاعديات وليست فقط الحروف الأربعة. ومع ذلك فإن البناء الجيد القائم على اثنين × اثنين والتناغم أو التتام بين النيوكليدات الأربعة التى نجحت فى صراع البقاء والباقين حتى اليوم تؤكد أنه ربما فى النهاية هى التى أُختيرت بينما تَمّ استبعاد الأخريات فى لعبة

التكاثر هذه. وخلال فترة التعثر تلك قبل العضوية، ربما كان التكاثر قليل الكفاءة بدرجة كبيرة بالمستويات المعروفة الآن، لأن «البركة» كانت تفتقد كل الإنزيمات المهمة التى تحتاجها العملية الاستمرارية لكى تأخذ طريقها.

وبقبول هذا السيناريو حاليًا، فإننا نسأل: كيف لعالم الرنا المحدود أن يكون صاحب دور فى النظام الثنائى الحالى للأحماض الجزيئية والبروتينات المرتبطة معًا بشفرة جينية؟ البحوث تفترض أن الجينات البدائية هى السلف للرنا الناقل. وتذكر سببين لأن يكون ذلك هو الموطن الرئيسى أو ملجأ هذا الجزىء الأول أن الرنا الناقل قد تطور قليلاً عبر الزمن، بعض من الرنا الناقل لدى الإنسان والضفدعة يتطابقان كلية. وهذا يعنى أنها ذات تاريخ يطول. والسبب الثانى يتمثل فى أن الوظيفة الرئيسية للرنا الناقل هى ربط الأحماض الأمينية الصحيحة مع البروتينات. وعلى ذلك فإن تشابكًا يبدو للرائى على نحو من الغموض. الأحماض الأمينية كانت بلا شك وافرة فى أى «حساء» بدائى. وجزىء الرنا الذى يمكنه التفاعل مع الأحماض الأمينية يتضمن الوعد أو الأمل فى أن يربطها مع البروتينات. وهكذا فإن الخطوة التالية لعالم الرنا تمثلت فى أن تبدأ هذه الخطوط أو الجدائل البدائية للرنا فى صنع البروتينات وبشكل صدفوى. ولا أحد يعرف كيف وقعت هذه الحادثة المحورية بالغة الأهمية، ولا من أين جاءت، صحيح أن هناك نظريات فى هذا المجال، ولكن الحقائق الثابتة قليلة. ربما بدأ الأمر بشىء غير أساسى، وإنما مجرد تصادم بين جزىء رنا نتج عنه أن انتقلت حمولة أحدهما للآخر لتصنع جديلتين من الحمض النووى معلقتين فى الرنا، وربما أضيف بعدها حمض أمينى ثالث وهكذا. وبعض هذه البوليبيتيدات البدائية كان لها بلا شك تأثيرًا مفضل على التكاثر، وهكذا ربما قامت أول دورة تعزيز ذاتى: الرنا يصنع البروتينات، والتى فى المقابل تقوم بتسريع إنتاج مزيد من الرنا ومزيد من البروتينات وهكذا دواليك. وهذه البروتينات التى ساعدت بفاعلية فى عملية تكاثر الرنا سوف تُكافأ بدورها بمزيد من طبعاتها أو نُسخها هى نفسها. وبهذه الطريقة

خطوة تتبعها خطوة ملفوفة حولها أو مرتبطة بها، والمساهمة الحميمة بين الأحماض الأمينية والبروتينات ربما هى التى كانت وراء تأسيس هذه الثنائية. أو على الأقل تلك هى القصة.

ثمة مشكلة خادعة، أو على الأقل تتطلب الحذر فى تناولها، ربما تطلبتها مثل هذه النظرية لتصبح محلولة. وهى كيف يحتاج الأمر للحيلة، للتغلب أو استيعاب مصيدة الخطأ المأساوى (وقد سبقت الإشارة إليه) وتذكر هنا أن السلاسل الطويلة للرنا ليست مُحَصّنة ضد أخطاء النسخ، بينما لا يتسنى للقصيرة منها تخزين معلومات كافية لصنع آلية نسخ جيدة. ومع ذلك، فربما تعاونت مجموعة من بعض هذه السلاسل الصغيرة من جزيئات الرنا فى تحمّل العبء الجينى مع بعضها البعض لتتخيل دائرة مغلقة من دورة ردود فعل كيميائية، تقوم فيها بعض الرنا بدور المحفز لتكاثر البعض الآخر منها: مثلاً (أ) تصنع (ب)، و (ب) تصنع (ج)، و(ج) تصنع (د)، و(د) تصنع (أ)، وبالتالى يكون هذا النظام تعبيرًا عن تفاعل أشبه بالحلقة فى مجال «التعزيز الذاتى» يعبر عنها بالدائرة الفائقة "**hypercycle**"، فإذا ما أحيطت هذه الحلقة من التفاعل الكيميائى بغشاء فإنها تشكل خلية بدائية، لا شك ستكون تلك هى إمكانية النشوء التى طَوّرت وحَسّنت – عملية كفاءة التكاثر. وإذا ما انقسمت الخلية من خلال آلية إنشطار بسيطة، فإن هذا الخليط الكيماوى سيتم توريثه للخلايا الوليدة. وبهذه الطريقة فإن طرازًا بدائيًا من التطور قد أصبح ممكنًا باعتبار احتواء الخلايا على «دوائر فائقة» كفوءة لتقوم بعملية التكاثر للأخريات منها(٦).

وعلى الرغم من واعدية سيناريو عالم الرنا كما يبدو، فإن كثيرًا من المعوقات تعترضه. والنقطة هنا، أنه مهما كانت النظرية جيدة، فإن تجارب أنبوبة الاختبار كثيرًا ما صادفها بشكل متكرر، الفشل الكئيب والقابض للصدر.

وجاء رد الفعل الرئيسى على هيئة العناد الصلب للاستمرار فى التجارب التى تسبقها إجراءات تصميمية غاية فى الحذر، ومساعدة مواد محفزة معينة. ومن

المعروف أن سلاسل الأحماض النووية هشة الطابع، وأنها تميل للارتداد بعد فردها قبل أن تتطلب الخمسين أو نحوها من أزواج القاعديات التى تحتاجها للعمل، أو التصرف كإنزيمات. والمياه تهاجم وتحطم بوليمرات **polymers**(*). وهى تقوم بعمل الببيتيدات مما يضع شكوكًا على أى وجه «حسائى» يكون عليه عالم الرنا. وحتى لو أن التأليف أو التركيب بين القاعديات الأربع المتطلبة لتكوين لبنة فى البناء، ليست فيه أى مشكلة جادة. فإن البيوكيميائيين بقدر ما يرون، يظنون أن هذا يعتبر طريقًا طويلاً وصعبًا لإنتاج رنا كفؤة للتكاثر من خلال مجرد الحفز بهذه الطريقة التى تشبه حك الجلد. ولا شك أنه سيتم فى النهاية العثور على طريقة لكل مرحلة من التعاقبات الكيميائية التى يمكن إجراؤها فى المعمل دون الكثير من الدرامية، ولكن فقط فى ظل مواصفات عالية القيمة والجدوى، وباستخدام كيماويات منقحة وجيدة الإعداد وبالأجزاء الصحيحة منها. والمشكلة تتحصل فى أن هنا العديد من الخطوات وكلٌ منها يحتاج لمواصفات مختلفة. وثمة شكوك متزايدة فى أن تتم كل هذه الخطوات بشكل تعاونى لطيف، واحدة بعد الأخرى هكذا فى العراء. أعنى فى المرحلة الباكرة للأرض، حيث يكون على زبد أو ما يطفو على بركة كيميائية بدائية أن يقرر خط كل خطوة.

والنتيجة ستكون على هذا النحو، فى غيبة مراقب كيميائى عضوى فى المجال، أن الطبيعة ستناضل لصنع رنا من «الحساء» المخفف تحت ظل أى ظروف قبل عضوية قابلة للتصديق. وهكذا بينما يمكن تخيل عالم الرنا مُوظفًا فى تطوير الحياة إذا ما كانت هذه الحياة مقدمة لنا على طبق (ربما ستكون الاستعارة صحيحة لو استخدمنا «سلطانية» حساء)، فإن الحصول على عالم الرنا من مجرد خليط كيميائى خام، فهو أمر يختلف كلّية.

(*) مركب كيميائى يتشكل بالتبلمر أى من تجمع جزيئات بسيطة لتصبح جزيئًا ذا حجم كبير (المترجم).

وبالإضافة لتلك الصعوبات هناك الرعاية الحانية بين اليسار، مقابل اليمين التى أشرت إليها فى الفصل الثالث. حقيقة أن كل الحياة على الأرض تقوم على جزيئات لها نفس الأيادى، وهى ليست مجرد مسألة فضول: كل تكاثر للرنا سيكون مهددًا فى كل بيئة فى اتجاه يد يمنى فى مقابل أخرى يسرى، من أن الجزيئات الرئيسية، ستكون كليهما حاضرة. والقفل والمفتاح الحاسمان كإجراء يضف أو يميز الأمر، حيث يتتامّ الزوج القاعدى مع سائر القاعديات وفقًا لأشكالها، سيكون محل تسوية كجزىء بأيد خاطئة ومحبوسًا فى شق ضيق. وسوف تفتقد اليد اليسرى معرفة ما الذى تقوم به اليد اليمنى. وما لم تعثر الطبيعة على طريقة لإنشاء «حساء» بجزيئات لها يد واحدة فقط، فإن صدفوية تركيب الرنا سيعتبر سببًا مفقودًا.

وقد تلقى مناصرو سيناريو عالم الرنا ضربات أشبه بالمدفعية المضادة للطائرات، ليس فقط من الكيميائيين، وإنما أيضًا من البيولوجيين. إذا ما كانت الحياة قد بدأت بتكاثر الرنا، فلك أن تتوقع أن الآلية الرئيسية للتكاثر كانت قديمة للغاية، وبالتالى تصبح عامة بالنسبة لكل الباقين على قيد الحياة. ومع ذلك فإن التحليلات الجينية تكشف أن التشفير الكودى لتكاثر الرنا يختلف بشكل ملحوظ فى الأبعاد الثلاثة للحياة، بما يعنى أن تكاثر الرنا قد جرى تنقيحه فى وقت لاحق لحياة أسلافنا العموميين. كما أن هناك انتقادات على أساس نظرى. فنظرية عالم الرنا تركز بشكل مميز على التكاثر فى حدود تكلفة الأيض. وكما شدّدت سلفًا بالفعل على أن الحياة هى مسألة أكثر من كونها عملية خام لإعادة الإنتاج: لأن الكائن العضوى الحى يفعل أشياء، ويجب عليه أن يفعلها إذا نجح فى البقاء عبر إعادة الإنتاج. وفعل الأشياء يكلفنا طاقة، ويجب أن يكون هناك مصدر جاهز للطاقة، لكى يقوم الكائن العضوى بعملية الأيض. وفى تجربة أنبوبة الاختبار تَمّ ذلك من الجزيئات بكيماويات لها خاصية الإمداد بالطاقة لتقوية أنشطتها، ولكن على مستوى الطبيعة، فإن الرنا كان عليها أن تقوم بدورها، مستخدمة أيًا ما كان متاحًا فى البيئة

المحيطة. وليس ثمة نجاح لأى تجارب من طراز تجربة ميللر / أوراى نجحت فى نسج الكيميائيات ذات الطاقة للحياة الباقية حتى الآن: لقد تم تصنيفها جميعًا داخل الخلايا. إن حفنة (تعادل ملء ملعقة) من الرنا ربما تتكاثر على نحو زلق وربما وافر. ولكن من دون طاقة تحرر دورة الأيض فى المكان بالفعل فإن هذه الوفرة فى الجدائل الجينية، سرعان ما ستضمحل وتزوى.

ومما يعد طريقًا هروبيًا واضحًا من المأزق هو السعى وراء جزىء ذاتى التكاثر أبسط كثيرًا من الرنا لكى تبدأ من عنده كل «اللعبة». كل ما فى الأمر أن الرنا هنا سيأتى فى وقت لاحق لتلك البداية. ومما يمكن تخيّله أن جزيئًا صغيرًا له صلة يمكن العثور عليه والذى يستطيع التكاثر بدرجة كافية. وسيظل الطريق حينئذ مفتوحًا لتطور جزيئى يبذل جهده فى إضافة معلومات خطوة بعد أخرى إلى حتى إنجاز أو تحقيق مستوى من التعقيد، قابل للمقارنة مع الجدائل القصيرة من الرنا. وهكذا يمكن للعملية أن تستمر فى طريقها بواسطة الرنا(٧).

هل تلك هى الطريقة التى يمكن أن يقع بها النشوء الإحيائى؟ ربما. ومع ذلك فثمة عقبات كثيرة فى طريق هذه النظرية، مثل الشك فيما إذا كانت الجزيئات الصغيرة من الممكن تنقيحها بدرجة كافية للتكاثر مع تجنب «الخطأ المأساوى». فى الحياة الباقية حاليًا، فإن عملية التكاثر فخيمة المستوى يبدو أنها تساهم أو تتشارك مع نظم معقدة كبيرة. إنها الخريطة الجينية الأكبر مع عملياتها فى «المونتاج» وتصحيح الأخطاء، والتى تمثل الطابعين الأكثر جودة. وبالتالى فإنه مع اتجاه الحامض النووى بالتتابع فى أن يكون أصغر وأصغر فى الحجم، فإن للمرء أن يتوقع تنقيحًا بسيطًا فى عملية التكاثر عبر جزيئات بسيطة. والأكثر من ذلك أنه كلما صغر حجم الجزىء، زاد تطرف التأثير المتعلق به فى أى تغيّر إحيائى، وأيضًا زادت فرصة عدم توريث عملية النشوء خاصيتها المميزة بكونها ذات طبيعة تكاثرية.

وقد تمت في السنوات الأخيرة محاولات لبناء جزيئات أصغر وأبسط في المعمل، وإخضاعها لضغوط بيئية لمعرفة ما إذا كانت ستتطور إلى تكاثرية أفضل(٨). وقد قيل بنجاحات متواضعة. ومع ذلك لم تطلعنا هذه التجارب على كيف حدث التطور الجزيئي في الطبيعة. فقط أظهرت أن هؤلاء الصغار من معيدي الطبع والنسخ (القائمين بالتكاثر) والذى صُمِّموا فيما يشبه العنوة، وتم نَسْجهم في المعمل، سوف يتشكلون بالمصادفة في ظل ظروف قبل عضوية معقولة أو قابلة للتصديق، وإذا ما فعلوا، فالأمر سيّان سواء تكاثروا بدرجة صحيحة كافية لتجنب الخطأ المأساوى، أو لو لم يكن الأمر كذلك. وباختصار لا يملك أحد مفتاحًا عن مسألة حدوث المتكاثرين الصغار طبيعيًا، أو حتى إمكانية ذلك، ودع عنك ما الذى كان لديهم لكى يتكاثروا بنجاح.

الرنا RNA في النهاية:

ثمة طريقة جد مختلفة تمامًا لحل متناقضة البيضة والفرخة، تَتَمثَّل في عكس نظام الأحداث بأن نفترض أن البروتينات جاءت أولاً ثم جاءت بعدها الأحماض النووية. والمشكلة الكبرى هنا كيف نفهم أن البروتينات تكاثرت من دون قيام الأحماض النووية بتنفيذ التعليمات الأساسية. هل يتسنى للبروتين أن يتكاثر من دون مساعدة؟ لقد اكتشف مؤخرًا رضا غاديرى **Reza Ghadiri** من معهد سكريبس **Scripps Institute** بسان دييجو، أن بعض سلاسل صغيرة من الببتيدات يمكنها بالفعل أن تتكاثر ذاتيًا. والأكثر من ذلك أنها تستطيع تصحيح أخطاء النسخ «كما لو أن لها عقولاً تخصها» (٩). كما أن مفتاحًا آخر جاءنا من وباء «جنون البقر»، الذى أهلك ما يقارب عُشْر كل الأبقاء في بريطانيا، ومتزاملاً مع الـــ

«اسكرابى» **scrapie**(*) ومرض الـــ «كـــورو» **Kuru**(**). لا يرجـــع الـــسبب فى حدوثهم إلى باكتيريـــا أو فيروســـات، ولكـــن شـــرائح مـــن البـــروتين التـــى يمكنها التكاثر ومن ثم الانتشار. ربما تكون هـــذه الـــشرائح هـــى ممـــن اســـتمر باقيًا من آثار الحياة البدائية فى شكلها المعتمد فقط على البروتين؟

من بين أكثر المناصرين المتميزين لنظريـــة البـــروتين أولاً هـــو فريمـــان دايسون **Freeman Dayson** وهو حاليًّا فيزيائى متقاعـــد مـــن معهـــد برينـــستون للدراسات المتقدمة. وقد ناقش أن الحياة لها أصلان بالفعل، أحدهما «للسوفت وير» والآخر «للهاردوير» [١٠]. لقد تخيل أو تصور نوعين مختلفين من الكائنات البدائية، أحدهما قادر على الأيض البروتينى، ولكنه غير قادر علـــى التكـــاثر علـــى نحـــو صحيح، والآخر قادر على التكاثر الصحيح ولكن من دون أيـــض. والحيـــاة كمـــا نعرفها برزت من اندماج أو تعايش مُتَعضِّيين غير متـــشابهين أى مـــن إنـــصهار الاثنين ما. لقد استعار دايسون الإشارة أو التلميح من أوبارين **Oparin** وأتباعـــه، الذين قالوا بأن الخطوة الأولى فى الحياة تعلقت بتشكل بعـــض أنـــواع الخلايـــا أو الحويصلات أو المُتكيِّسات البدائية، ويمكننا التفكير فى هذه الخلايا السابقة من حيث الزمن كما لو أن حدثًا طبيعيًا قد وقع فى محتويات أنبوبـــة اختبـــار مركـــزة مـــن «الحساء» البدائى.

والتطور الداروينى ليس خيارًا لدى دايسون بالنسبة للخلايا التى تصورها ما دام يفتقد خريطة جينية، ولكن ربما يستمر ظهورها بوسائل كيميائية. ولكى نتحقق

(*) داء يصيب أمخاخ الأغنام، ومن أعراضه الإرتعاش والإنتفاض فى الرأس والرقبة وصرصير الأسنان ولرغبة فى حك الأجسام لدرجة كشط أجزاء من الجلد والنقص الواضح المتدرج للصوف الذى تحل محله أكياس لزجه تتصلب بعد إلتصامتها بالجلد والمشية الخلايا على نحو مرلم.

(**) ويتمثل فى اضطراب مميت يصيب جملة الأعصاب المركزية، ويتسبب فيه فيروس بطىء، يمكن أن ينتقل من وإلى الحيوانات الأخرى، وتنحصر الإصابة به فى غينيا الجديدة لدى آكلى لحوم البشر (المترجم).

من كيفية تشكيل دايسون نموذجًا رياضيًا يصف به الخليط الكيماوى، مثل حساء من الأحماض الأمينية التى تغيّرت مع الوقت كردود فعل كيميائية عبر مسارات معقدة. ومن أهم ما جاء فى نموذج دايسون هو أن الجزيئات، يمكنها أن تحفز إنتاجًا والنشوء الإحيائى لجزيئات أخرى. جوهر هذه الرياضيات هو التنبؤ بالانتقال العفوى من اللا نظام إلى النظام. واللا نظام هنا يعنى: التركيب التشتتى أو المبنى على الفوضى للجزيئات، والنظام يعنى: نوبات كيميائية معينة ومفضلة، ولها صلة بتذكر الأيض. والغنائم الكيميائية التى تخيرها هى من قبيل الغامض وغير المحسوم.

ولو أن التطور الداروينى يحتاج لشكل ما من التكاثر الوراثى، بالإضافة إلى الاختيار الطبيعى، ومن الممكن تخيّل أشياء أخرى أضعف، وأشكال من اختيار ربما تساعد فى إنتاج تطور من النوع البدائى، لكى تبدأ اللعبة. وبمجرد تواجد وفرة نامية من الخلايا المفيدة الواضحة، حتى ولو كانت مجرد كرات كيميائية تنتفخ وتنقسم، فإن هذا سيصبح مجالاً لتنافسية يتعذر تجنبها. بعض هذه الخلايا سينمو وينقسم بشكل أسرع عن الأنوية، طبقًا للمحتوى الكيميائى الأحسن داخلها، يتفوق من حيث العدد على منافساتها، وإذا ما استطاعت الخلايا أن تجتاز بعضًا من السمات الكيميائية لها وأيًا ما كانت المصادر محدودة، فإن الخلايا الأكثر نجاحًا (من وجهة نظر كيميائية)، ستكون هى السائدة. والتحدى حينئذ هو فى شرح كيف لهذه الحالة القائمة على التجربة والخطأ (مرة تصيب ومرة تفشل) فيما يتعلق بالاختيار، أن تصير إلى حالة محددة من الاختيار الطبيعى، بناءً على قاعدية جينية، طبقًا للداروينية التقليدية.

ثمة حل ممكن يتمثل فى التطفلية **parasitism** (العلاقة بين الطفيلى والحيوان أو النبات). وقد اقترح دايسون أن الخلايا المفتقدة للجينات سوف يتم غزوها بمعرفة حمض نووى قابل للتكاثر، ومن ثم يندمج النظامان. وهذا الحمض النووى المتطفل سيجد أن الحقائب المحملة بالبروتين سوف تساعد على زيادة

عملية تكاثره. ومن الواضح أنه قد أثبت فائدته لكـــى يتكـــاثر، وتكـــاثر البـــروتين المغلوب على أمره فى أثناء مضيه فى طريقه، ولكى يحمـــى تكـــاثره هـــو ذاتـــه ويدعمه. وبوجود بناء النسيج الخلوى، فإن الاختيار الطبيعى سوف يتدخل عند هذه النقطة بين الخلية الناجحة والخلية التى لم تـــنجح، مُـــصعِّدًا مجـــرى التحـــسينات التطورية. والاختيار الطبيعى، سوف يفضل بقوة أولئك القابلين للتكـــاثر، والـــذين يمكنهم القيام ببعض أو كل العمل الـــضرورى والأساســـى للخلايـــا البروتينيـــة، وسرعان ما سيظهر تكافل بينهما، بمعنى تعـــايش لمتعـــضيين غيـــر مُتـــشابهين **symbiosis**، مُؤديًا للحياة كما نعرفها.

أين حدث كل هذا؟ تخيل أوبارين أن الخلايا العنقودية المتشابهة فى بحر ما أو أى بركة.. هو الجواب، ولكن لو أن الحياة بدأت فوق سطح الماء أو أسفله، كما يتأيد ذلك من بعض الأدلة الحديثة، فإن الفقاقيع أو النقاط الزيتية لـــن تكـــون هـــى الجواب. والصخر البازلتى **basalt** المسامى فى قاع البحر، يمدنا بشبكة طبيعية من الأنفاق البالغة الصغر والفجوات التى يمكنها أن تصبح وسيلة لإطـــلاق جزيئـــات عضوية كبيرة، والسطح المعدنى ربما يعمل كمادة محفزة ملائمة وفى متناول اليد، ومن ثم تُساعد على تركيبة المادة العضوية. ومن المؤسف أن الفجوات الـــصخرية لا يمكنها التضاعف بالانقسام. أما إيوان نسبيت **Euan Nisbet** من جامعة لندن فقد اقترح أن الأغشية ربما تشكلت داخل هذه الفجوات، كمـــا لـــو كانـــت مخلوقـــات محبوسة فى فجوات بالغة الصغر، ولا يتم تحريرها إلا مع الجيشان الذى يـــصيب الأرض فيتسبب فى ارتفاع بعض من قشرتها[١١].

وأيضًا ثمة فكرة مُتَخيلة أخرى عن الخلية البدائية، اقترحها مايـــك راســـل **Mike Russell** من جامعة جلاسجو[١٢]. حيث ركز فى نظريتـــه علـــى المنـــاطق البعيدة إلى حد ما عن فوهات البراكين فى قاع البحر، حيث تسيل فيها المياه إلـــى الصخور عند أعماق تصل لعدة كيلومترات، والتى فى النهاية ترتفع بواسطة الحمل الحرارى إلى السطح، وهى غنية بالمعادن المتحللة. وهذه المياه تكون فـــى حالـــة

سخونة شديدة ربما تصل إلى ٢٠٠ درجة مئوية، وتحت ضغط عال. وأيضًا في حالة قلوية **alkalin**، بينما تكون مياه البحر حَامضيّة **acidic** بسبب ثاني أكسيد الكربون المنحل فيها، كما أنها أكثر برودة. ووجد رسل أن اقتران السائلين ينشئ حالة حافزة لتشكل أغشية غروانية أو شبه غروانية بفعل كبريتيد الحديد **Iron Sulphide**. وكما سنرى أن الحديد والكبريت **suliphur** كليهما من المواد الكيماوية الشائعة بشدة في الحياة الباكرة. والأكثر من ذلك أن الغشاء هو من العناصر المُنْفِذَة (التي تسمح بنفاذ المواد عبرها)، التي تسمح لبعض الكيماويات بالتسرب من خلالها، بينما لا تسمح بذلك لكيماويات أخرى، تمامًا مثل الخلية الحية. وقد أعدّ رسل لتنمية خلايا أشبه بالناضجة والمُرَطَّبة في المعمل، ومن ثم عثر على أدلة استحضرها من الصخور الأيرلندية. لقد اعتقد أن الضغط الأسموزى والهايدوروليكي سوف يضخمان الفقاعات ويجعلانها من ثم تتقسم والشيء الأبرز أو الأكثر لمعانًا في نظريته هو أن تجاور الغشاء الحمضي والسائل يعملان كبطارية كهربائية، والتي قد تكون أمدتّها بمصدر للقوة الناشئة للقيام بأيض مبكر. وفى الخلايا الحديثة توجد قوة كهربية **voltage** عبر الغشاء المغلف لها. وهكذا قد تكون الكهرباء هي القوة الأصلية للحياة.

وثمة نظرية مختلفة تمامًا عن أصل الحياة، وضعها البيوكيميائى الإنجليزى جراهام كيرنز – سميث **Graham Cairns-Smith** من جامعة جلاسجو أيضًا. والذي سارع في الاعتقاد بأن الحمض النووى هو الذى ظهر بعد البروتين[١٣]، ومع سريان مناقشة البيضة أم الفرخة ما الذى ظهر قبل الآخر (الحمض النووى أم البروتين أيهما أسبق فى الظهور)، فقد اعتقد هو بأن الحياة لم تبدأ قط بأى منهما، مذكرًا إيانا بأن الوظيفة المبدئية للحمض النووى هى القيام بدور السوفت وير (مستودعات المعلومات) الجينية. وما دام الأمر كذلك، فإن تركيبه الكيميائى يصبح غير متصل بالموضوع. وبمجرد استطاعتنا تخزين نفس المعلومات الرقمية على شريط ممغنط فى رقاقة أسطوانية **flobby disk**، فإن المعلومات الجينية يمكن أن

تشملها أبنية فيزيائية أخرى بخلاف الدنا أو الرنا. وربما تكون الحياة قد بدأت بمعلومات مشفرة بطريقة أخرى أو أكثر، وفقط فى مرحلة متأخرة نسبيًا أصبحت الوظيفة الجينية غير مرتبطة، أو لا صلة لها بالأحماض النووية.

أى نوع إذن من الأبنية يحتمل أن يخدمنا فى هذا المجال بتخزين قاعدة المعلومات الجينية؟ اقترح كيرنز سميث أن الطين الصلصالى المتبلور يقدم لنا هنا إمكانية ذات جاذبية فعلية. ولو أنه أقل رقة من الحمض النووى، إلا أنه مع ذلك يستطيع التكاثر بعد صياغته فى هيئة أخرى. فجسيمات الطين عند نقعها فى أيونات ions معدنية بطريقة غير مضادة أو مخالفة للأصول، يمكن أن تتشفر المعلومات فيها. وهذا من حيث المبدأ ليعاد إنتاجها مع نمو الجسيم المتبلور طبقة بعد أخرى. وبللورات الطين المتسخة قد تصدم القارئ عند تصورها كشبيهة للحياة، إلا أن الخصائص الأساسية للحياة والضرورية للتطور والتكاثر والتنوع والاختيار، ربما تكون كلها ممثلة فى الطين.

وبمجرد أن يكون تطور البللورات ذاك، قد أخذ مجراه يكون المسرح قد تأهل للخطوة التالية. الجزيئات العضوية ربما تكون قد صُنعت من الطين، توطئة لنهاياتها، مثل تسريع التكاثر أو تكون كمادة بلاطية أو لدائنية للصق سطوح التبلور، أو أى عدد من المهام الثانوية. وأيًا ما كان نوع استخدامه فلا بد أنه سيحتاج إلى العثور على ميزة أو نفع مختار للتطور كى تتم تنقيته. وأى تبلورات تكون قد إكتشفت كيف تصنع حموضًا نووية ذاتية التكاثر، ستصبح هى الفائزة فى الموضوع، لأنها بذلك سيكون لديها مدد من هذا العنصر المفترض والمتاح والجاهز الوجود. ولكن بعبور هذا الخط تكون البللورات قد نسجت بذور ميراثها أو ما سيؤول إليه ميراثها هى. وبمجرد أن تبدأ الأحماض النووية فى نسخ منشئ لبللوراتها فسوف تتولى بسرعة قيادة المسيرة وتصبح هى الشكل السائد للحياة. أما البللورات الطبيعية المبعثرة ومعوقة الطريق فسوف يتم استبعادها وعزلها.

ومما يجدر قوله أن ثمة تجربة صغيرة أسفرت عن دليل يدعم نظرية كيرنز سميث بشأن الطين الصلصالى. إذ إنه مهما كانت قابلية هذه المادة للتصديق على الأقل ظاهريًا كمادة للحياة الأولية، فإن مسألة المبدأ الأساسى فى قيام الجينات بالمهمة، يعد من المبادئ الصحيحة والراسخة والمستقرة. والكل يوافق على أن وجود نظام الأحماض النووية والبروتين هما من التعقيد، بحيث يصعب ظهورهما معًا دفعة واحدة كنظام جاهز. وليس فقط أن الحياة الباقية كما نعرفها الآن تقوم على الأحماض النووية والبروتينات فهذا لا يعنى أن الحياة قد بدأت بهذه الطريقة. وإذا كان هناك طريق أبسط للانتقال من اللا حياة إلى الحياة فإن الترتيبات البيوكيميائية الحالية يمكن أن تكون نوعًا من التحولات المنقحة لسلف أقل من ناحية النمو.

لقد استفاد كيرنز سميث من إجراء مشابهة للحجر المنتظر أو الشبيه بالقنطرة أو القوس لإيضاح الانتقال من التقنية الأقل للتقنية الأعلى كفاءة. إذ يبدو هذا القوس مانعًا لتداخل الموجات الصوتية مع بعضها البعض، وذلك فى بداية الأمر. والمنشأ المُركّب أو التجميعى يعتمد على ذاته، أما إذا كان على هيئة قوس فإنه سينهار. فكيف إذن تَواجد القوس فى الأساس؟ تتحصل الإجابة فى أنه قد تم استخدام سقالة فى بنائه، ومن ثم علينا البحث عن «سقالة» أو سنادة جزيئية، ربما تكون استُخدمت فى بناء الحامض النووى. وربما تكون متبلورات الطين الصلصالى جزءًا من الإجابة، أو ربما نحتاج نظامًا آخر، لم يخطر بعد على أذهاننا. وأيًا ما كان الأمر، فبمجرد أن يأخذ الرنا الحى طريقه، فإن مثل هذه السقالات يتم طرحها عن الطريق، ونبذها إلى الحد الذى أدى إلى إزالتها أو طمسها منذ وقت طويل.

والآن ما الذى يمكن استخلاصه من كل هذه التخمينات المتنوعة عن أصل الحياة؟ إنها جميعًا تشترك فى افتراض واحد، وهو أنه بمجرد أن تؤسس الحياة ذاتها من أى نوع، فإن الباقى هو مجرد إبحار فى مجرى النهر، ذلك أن التطور

الداروينى فى هذه الحالة سيتولى دفة الإبحار. ولهذا فسيكون طبيعيًا أن يصرح العلماء بأن الداروينية هى من أبكر اللحظات فى تاريخ الحياة. مجرد نشوئها فإن تحولات درامية تحدث من دون أى خياليات أكثر من مجرد المصادفة والاختيار كقوة دافعة. وللأسف أو لسوء الحظ، قبل أن يبدأ التطور الداروينى، فإن مستوى أدنى معين من التعقيد يكون مُتطلّبًا. ولكن كيف تم إنجاز هذا التعقيد المبدئى؟ وهنا اللحظة التى يعصر فيها العلماء أيديهم ويضغطونها ارتباكًا ويهمهمون «المصادفة»، ومن ثم هل كانت المصادفة هى التى أنشأت أول جزىء متكاثر؟ أو أن هناك ما هو أكثر من ذلك؟

التنظيم الذاتى: *شىء من لا شىء؟*

الحياة ليست سوى واحدة من التعقيدات التى نجدها فى الطبيعة. ثمة أمثلة عديدة قائمة فى العالم حولنا. نحن نرى التعقيد فى النموذج الصغير للصقيع على نوافذنا، نراه فيما يصعب تحليله فى تَلوِّى خط الشاطئ وتعرجاته، وفى الدقة البالغة للحلقات التى تزين سطح كوكب المشترى، وفى نهر متمرد أو مضطرب الاهتياج وهو يشق طريقه فى تيار معاكس. والحياة ليست تعقيدًا عشوائيًا، وإنما تعقيد مُنظَّم. والتعقيد غير المنظم نجده يملأ المكان بدءًا من قطرات المطر المتناثرة على الأرض، حتى أوراق الشاى القابعة فى قاع الفنجان. ولكن التعقيد المنظم، حتى ولو كان نادرًا، ليس مقتصرًا على البيولوجيا: هناك المجرة الحلزونية، وقوس قزح، والنموذج الانحرافى لحزمة ضوء لِيزَرِّية، هذه جميعًا تتصف بالتعقيد والتنظيم فى الوقت نفسه. كما أنها تتشكل من دون أى جينات تجدِّدها، ولا تطور داروينى يُنشئها. وإذا استطاعت أنظمة غير حية أن تسفر عن تكاثر بالمصادفة نتيجة أنظمة معقدة بمجرد انصياعها فقط لقوانين الفيزياء، فلماذا لا يتسنى للحياة أن تنحو هذا المنحى، على الأقل فى مراحل البدايات؟

البعض يظن أن ذلك ممكن. وقد أعطى الكيميائى البلجيكى إليا بريجوجين **Ilia Prigogine** أمثلة لمجموعة خلائط كيميائية، والتى تتصرف على نحو يشبه أسلوب الحياة، مُشَكِّلة لولبيات أو حلزونيات أو نبضات خاضعة للتكرار المنظم(١٤). والسمة الرئيسية لهذه الانعكاسات تتمثل فى أنها تقع بعيدة عن فروض التوازن الديناميكى الحرارى، وتتطلب مددًا دائمًا من المادة والطاقة – كما تفعل الحياة. فالنظام الصدفوى لا يتعارض مع القانون الثانى للديناميكا الحرارية لأن الأنظمة مفتوحة، والأنطروبيا يتم تصديرها للبيئة المحيطة لتدفع مقابل لتراجع النظام. والسمة الغالبة على هذه المنظومات ذاتية التنظيم هى ميلها للوصول إلى نقاط تشعب أو تردد، حيث يصبح سلوكها غير قابل للتنبؤ. إذ ربما تثب فجأة إلى حالة أكثر تعقيدًا واستقرارًا، أو تهبط أو تنحدر إلى الفوضى **chaos**، واستطاع نريجوجين وأنصاره المتحمسون أن يتخيلوا تتابعًا من تحولات ذاتية التنظيم، حيث تقفز المادة مدفوعة بمصدر طاقة فَيّاض إلى مستويات أعلى وأعلى من التعقيد المنظم حتى تصبح حية حقيقة.

ويعد تَشَكُّل خلايا الحمل الحرارى من الأمثلة البسيطة الواضحة والدالة على التنظيم الذاتى، حيث إنه إذا وُضع إناء به ماء فوق موقد مشتعل، فإن المياه عند قاع الإناء تسخن بدرجة أكبر عن الماء عند السطح. ولو أن التسخين كان هَيِّنًا سيبقى الماء من دون ملامح معينة والحرارة ستنتقل على نحو ثابت إلى أعلى الإناء من خلال مبدأ التوصيل. تخيل ماذا يحدث لو أنك أغلقت الإناء، ستكون طبقات المياه الأسخن عند القاع راغبة فى الصعود إلى أعلى (باعتبارها أقل كثافة)، ولكنها مقيدة أو بالأحرى سوف يحجزها أو يمنعها وزن الطبقات الأكثر برودة التى تعتليها. وفى النهاية تتغلب المياه الأسخن، منتصرة على هذا القيد، وتبدأ تيارات الحمل الحرارى فى عملها. وإذا تم عمل التسخين بشكل معتنى به،

فإن نموذج الحمل الحرارى سيرتب نفسه فى شكل خلايا سداسية الشكل ومثقبة (فيما يشبه قرص عسل النحل). وهذا الشكل المستقر يشتمل على مالا حصر له من جزيئات المياه، متعاونة معًا فى إنتاج نظام أكبر. وهذا الانتقال المفاجئ لحالة الحمل الحرارى المنهمرة يحدث، عندما يُجبر النظام على أن يكون بعيدًا عن الاتزان الحرارى، وسيكون النظام الناتج مدفوع المقابل من خلال جريان الأنطروبيا من الإناء إلى البيئة المحيطة. ومن دون غاز يمدنا بمصدر للطاقة الحرة (مثل الحفاظ على عدم الاتزان الحرارى بين قاع السائل وقمته)، فإن تيارات الحمل الحرارى ستختفى وترتد حالة الماء فى وقت قصير وتدريجى إلى الاتزان عديم الملامح.

وقد حاول ستيوارت كوفمان **Stuart Kauffman**، البيوكيميائى فى معهد سانتا فيه **Santa Fe** لدراسة التعقيد، أن يجسد تفاصيل طريق التعقيد الذاتى للحياة، مركزًا على ظاهرة كيميائية تعرف باسم التحفيز الذاتى **autocatalysis**(١٥). ولنتذكر أن المُحَفِّز هو نوع من الجزيئات يعزز تفاعلاً فى جزيئات أخرى دون التورط فى تغيير ذاته. تخيل معى إذن «حساء» مبدئيًا يتم فيه كثير من التفاعلات المختلفة معًا. فإن عددًا من الجزيئات العضوية تنشأ وأخرى تتدمر ويتم لفظها فى شكل شرائح صغيرة، وثمة إذن شبكة واسعة ومعقدة ومحكمة يجرى وقوعها فى المجال، وإذا شئت فلتسمها منظومة بيئية **ecosystem** كيميائية(*).

تخيل أنه فى هذا الخليط المضطرب، فإن بعض الجزيئات تجد نفسها تلعب دورًا مزدوجًا، فهى من ناحية تشترك فى تفاعلات كيميائية معينة كمدخلات أو كمخرجات، ومن ناحية أخرى تقوم بدور تحفيزى لتفاعلات أخرى. فقد يحدث أن يؤدى حضور جزىء معين **M** له تأثير

(*) ويتمثل ذلك فى إحدى الوحدات البيئية التى تتألف من كائنات حية، وما يقوم بينها من تفاعل متبادل ضمن بقعة محدودة (المترجم).

المحفز لتتابع تفاعلى إلى إنتـاج M نفـسه. وبالتـالى، فـإن وجـود M يـسرّع إنتاج المزيد من M ما دامت المـسألة تنـصب فـى التحفيـز الـذاتى. وعنـدما تحدث هذه العملية، فإن دائرة «تغذيـة مرتـدة» تتهيـأ للنمـو أقـوى وأقـوى، مشكلّة شبكة تفاعلات مُعَزّزة أو مدعومة ذاتيًا.

ما الذى يحدث بعد ذلك؟ عندما يكون التنوع أو الاختلاف بـين الجزيئـات كبيرًا لدرجة كافية، فإن النظام يمر بمستهل أو بداية حرجة. وتنبأ كوفمـان بقفـزة مفاجئة إلى دائرة ضخمة من التحفيز الذاتى، أى عملية من التنظيم الذاتى مـشابهة للانتقال المفاجئ من سائل عديم الملامح إلى تيارات الحمل الحرارية. هذه الـدائرة المتصاعدة والزائدة التعقيد سوف تكون شكلاً خامًا لعملية أيـض، كطـراز مـن العمليات الكيميائية المنظمة التى ارتآها أوبارين ودايسون لمحتـوى حويـصلتهما الكيميائية. لا جزيئات خاصة كالرنا. متصلة بالأمر ولا حاجة أيضًا لأى معـدات جينية. كل ذلك يأتى فيما بعد.

ولو أن دوائر التحفيـز الـذاتى ربمـا تبـدو مـستنبطة ومعقـدة، فإنهـا تستحضر مثالاً لظـاهرة معروفـة وواسـعة الانتـشار. فنمـاذج الكمبيـوترات تشهدنا على أن أى شبكة معلوماتيـة فيهـا مـا يكفـى مـن المكونـات، فـإن التفاعلية هنا سوف تميل إلـى الانقـلاب الـصدفوى إلـى حالـة مـن التعقيـد المنظم. يـرى الفيزيـائيون هـذه الظـاهرة فـى المـواد الممغنطـة، ويراهـا الاقتصاديون فى الأسواق المالية العالمية. وإذا ما كانـت أفكـار كوفمـان علـى الطريق الصحيح، فإن هذا يعنى أن الحياة ربما لم تكـن مجـرد نتيجـة كيميـاء عضوية معينة، وإنما نتيجة قواعـد رياضـية عامـة تـتحكم فـى سـلوك كـل النظم المعقدة ناهيك عن المكونات المصنوعة منها.

ومهما بدا التنظـيم الـذاتى مـن الأمـور ذات الجاذبيـة، فإنـه يـصادف نوعين من العقبات، عندما يصل الحديث إلـى أصـل الحيـاة. الأول منهمـا هـو قلة أو ندرة التجـارب المقنعـة، حيـث حتـى الآن لا يتعـدى أغلـب التجـارب

مشابهات كمبيوترية أكثر منها حقيقة ماثلة. وهو ما حدا إلى السمعة السيئة لنظرية التعقيد حين تتعلق بالبيولوجيا. وفي طرح مشهور لأفكار كوفمان، فقد وصفها جون ماينارد سميث **John Maynard Smith** في إحدى المرات بأنها إلى حد ما مزعجة، وذلك في اعتقادي كما لو كان علمًا بلا مقابل **fact-free science**[١٦].

ومع ذلك فثمة مشكلة أعمق ذات طابع مفهومي وهي أن الحياة ليست بالفعل مثالاً على التنظيم الذاتي وإنما هي في الواقع منظمة محددة وموجهة جينيًا. فالأشياء الحية مبنية على السوفت وير الجيني المشفر في الدنا أو الرنا الخاصة بها. أما الخلايا المشكلة من خلال تيارات الحمل الحرارية فلا جينات لها، مصدر النظام هنا ليس مشفرًا في سوفت وير وإنما يمكن تعقبه إلى الشروط الحدودية للسائل. إنه تدفق الحرارة والأنطروبيا عن هذه الحدود والتي تحفز التنظيم الذاتي، بينما يكون شكل وحجم وطبيعة اختراق الحدود مسئولة عن تفاصيل الخلايا. وبكلمات أخرى، فإن نظام خلايا الحمل الحراري يُفرَض خارجيًا من خلال بيئة المنظومة. وبالمقارنة، فإن نظام الخلايا الحية مدفوع من خلال ضبط داخلي، من جيناته، والموضوعة في جزيء مايكروسكوبي مدفون في عمق في النظام نفسه، والذي يقوم كيميائيًا بإذاعة تعليماته إلى خارجه. ولنتأكد من أن البيئة المحيطة بغشاء الخلايا الحية سوف تتأثر إلى حد ما بما يدور في داخلها، ولكن المبدأ الأساسي الذي يسم أي نظام عضوي يتحدد من خلال جيناته.

وهكذا، فإن نظرية التنظيم الذاتي لم تعطنا بعد، مفتاحًا لكيف يتم الانتقال بين العَفويّة أو الصدفوية وبين الإغراء الذاتي كمنظومة والتي حتى من بين الأمثلة غير البيولوجية والمدروسة بإحكام فهي لا تتضمن – لا تزال – تعليمات بسيطة نسبيًا بالمقارنة مع القواعد المعلوماتية، كما في النظام الجيني للأشياء الحية. ولشرح كيف تقوم الجينات بهذا الدور فلا بد أن نضع في الحسبان ما هو أكثر من مجرد أصل الأحماض النووية

وتورطها الفعال مع البروتينيات فى مرحلة تاليــة. ولا يكفــى أن نعــرف كيــف ظهرت هذه الجزيئات المهولة أو بــدأت التفاعــل. فــنحن نحتــاج لأن نعــرف أيضًا كيف جاء نظــام الــسوفت ويــر للوجــود. وبــالطبع نحــن بحاجــة لأن نعرف كيف لهذا المفهوم المتعلق بسيطرة الــسوفت ويــر أن يُكتــشف بواســطة الطبيعة. وبالعودة للمشابهة التى أجريتها فــى الفــصل الرابــع. فــنحن نــسعى لتفسير كيف تتحول طائرة ورقية إلى طائرة معدنيــة فعليــة، مُــدارة بــالرادار، أو أن حاكم آلــة بخاريــة يمكــن أن يتطــور إلــى معلومــات متقدمــة لمــنظم إليكترونى. وليس هذا من قبيل إضافة طبقة أخرى مــن التعقيــد، ولكنــه يــدور حول التحولات الأساسية فى طبيعة النظام.

ومتصلاً بهذا الانتقاد الأخير فثمــة حاجــة لعمــل تفرقــة واضــحة بــين «النظام» و«التنظيم» أو «المنظومة». وفــى مــا ســبق اســتخدمت التعبيــرين بطريقة تبادلية، ولكنهما عادة ما تكون لهمــا معــان متــضادة. وللحــديث علــى نحو صحيح فإن النظام **order** يشير إلــى نمــوذج بــسيط. تتــابع زمنــى بــين الواحدات والأصفار مثل الشكل ٤-٤ على ســبيل المثــال فهــذا نظــام. ومثــل ذلك التبلور نظام. كلاهما بعيد كل البعد عــن العــشوائية، وكمــا شــرحت فــى الفصل الأخير فهمــا لا يــستطيعان موضــعة المنظومــة المعقــدة ولا مخــزن معلومات الخريطة الجينيــة. ومحــاولات الــسعى إلــى الحيــاة عبــر التنظــيم الذاتى عادة ما تسقط فى مصيدة عدم التفرقة بــين النظــام والتنظــيم، والأمثلــة الموضوعة للتنظيم الذاتى، هى ليست فى العــادة مــن هــذا النــوع بــأكثر مــن تضمنها نظامًا صدفويًا بدلاً من ذلــك. وعلــى ســبيل المثــال فــإن التفــاعلات الكيميائية التى تقوم بدورات منتظمــة زمنيًــا، عــادة مــا تنــسب إلــى حــالات التنظيم الذاتى(١٧)، بينما الــسلوك الزمنــى مــن الواضــح أنــه حالــة نظــام لا عشوائى ومثله خلايا الحمــل الحــرارى الــسداسية الــشكل – والتــى وصــفتها فيما سبق – هى أقرب فى الــذكرى مــن نظــام البلــورة أكثــر منهــا للتعقيــد

البيولوجى العضوى المنتظم. وفى عينة بعض المبادئ للتنظيم الذاتى، والتى قد تُعزى أو تميل إلى إنتاج حساب معقد، فإن جزءًا حاسمًا من قصة النشوء الإحيائى يكون قد استبعد بعيدًا.

كثير من الاقترابات لأصل الحياة على أساس البداية إلى الآن أو من أسفل إلى أعلى قد أنجزت بعض النقاط المفيدة ولكنها خلفت وراءها ألغازًا مذهلة. ومع ذلك فليست هى التفسير الوحيد المتاح، إذ يمكننا أن نَحُث طريقًا من أعلى إلى أسفل أو من القمة إلى القاع. والفكرة هنا تتحصل فى البدء من الحياة الباقية لدينا الآن ونتابعها زمنيًا إلى الوراء. وفى تلك الحالة سنتمكن من توظيف هذه المعلومات لتقل لنا شيئًا عن كيف جاءت هذه المنظومات إلى الحياة. وقد يتضح أنه لكى نتعقب أول أشياء حية على الأرض، فيجب أن نلقى نظرة على الفضاء.

الهوامش

(١) انظر على سبيل المثال صندوق داروين الأسود **Darwin's Black Box** لـــــ: ميــشيل بيهى **"Michael Behe"**

.(The Free Press, New York 1996).

(٢) لتقدير مبسط وميسّر انظر الرنــا كــإنزيم **"RNA" as an enzyme** لتومـــاس ســيش **.Thomas Cech" (Scientific American 255, No. 5, 64 (1986))"**

(٣) يستخدم البيولوجيون تعبير الطراز العرقى (البنية الوراثية لفرد أو جماعة أو كـــون هـــذه الجماعة تشترك فى تركيب وراثى خاص- المترجم) **"genetype"** للإشارة إلـــى النظـــام الجينى الذى يتحصل بين أجيال جماعة ما، أما التعبير **"phenotype"** فهو للإشارة عمـــا يُعبَّر عنه الطراز العرقى فى شكل الجماعة القائمة حاليًّا. أما فى مجال الرنا فإن التعبيرين يمثلان شيئًا واحدًا.

(٤) للمراجعة انظر: تحليل فى القوارير (خارج الجسم) لعملية النسخ فى الجزيئـــات. **" An in Vitro analysis of a replicating molecule"** لـــ: سول سبيجيلمان **."Sol Spiegelman"**

(American Scientist 55, 221 (1967)).

(٥) الدائـــرة المتطـــرفة: «مبدأ الـــتنظيم الذاتـــى الطبيعـــى» لـــــ: م. إيجـــــن **M. Eigen** وب. شوستر **.P. Schuster" (Springer-Verlag, Berlin 1979, Part II Chapter 14)"**

(٦) المرجع السابق.

(٧) بالطبع يجب أن نشرح لماذا لا يمتلئ العالم بهذه الناسخات (معيدة الطبع) الصغيرة والسهلة الصنع. وأحد هذه التفسيرات يمكن أن يكون أنها بالفعل موجودة ولكنها تسكن عوالم تختلف تمامًا عن ذلك الذى تزدهر فيه الحياة الآن، مثل: فى داخل مذنب من ناحية تيتان **"Titan"**

قمر الكوكب زحل "Saturn" (انظر الفصل التاسع). وتفسير آخر يتحصل فى أنهـا قـد تحطمت بسبب الحياة العضوية فور تشكلها.

(٨) الطابع التركيبـى للجزيئـات التـى تنسخ ذاتهـا " Senthetic Self-replicating molecules" لـ: جوليوس ريبيك "Julius Rebeck". (Scientific American 271, No. 1, 34 (1994).

(٩) للاطلاع على تقرير انظر: هل يمكـن للبـروتين أن يتفجـر بالحيـاة " Can protein Spring into life" لـ: فيليب كـوهين "Philip Cohen". (New Scientist, 26 April 1997, p. 18) والعمل نفسه سبق نشره فى: (Nature 382, 525 (1996).

(١٠) أصول الحياة "Origins of Life" لـ: فريمان دايسون "Freeman Dyson".

(Cambridge University Press, Cambridge, 1985).

(١١) الأرض الشابة "The Young Earth" لـ: إى. ج. نسبت "E.G. Nisbet".

(Allen & Unwin, London, 1987, Chapter 8).

(١٢) كبريتيد الحديد المُحفِّز الساقط من علٍ والفائق الحرارة ودوره كغشاء حيـوانى، كخطـوة أولى فـى اتجـاه الحيـاة " A hydrothermally precipitated catalytic iron sulphide membrane as a first step toward life" لـ: ميـشيل رسـل "Michael Russel" وروى دانييـل "Roy Daniel" والان هـول "Allan Holl" وجون شيرنجهام "John Sherringham".

(Journal of Molecular Evolution 39, 231 (1994).

ولاعتبار التبسيط والتيسير انظر: الحياة من الأعماق "Life from the depths" لـ: ميـشل رسل "Michael Russell".

(Science Spectra 1, 26 (1996).

(١٣) تجد تبسيطًا ميسّرًا فى: سبعة مفاتيح لأصل الحياة "Seven Clues to the Origin of Life" لـــ: أ.ج. كيرنـــز – ســميث "A.G. Cairns- Smith". (Cambridge University Press, Cambridge 1985).

(١٤) النظام من الفوضى "Order out of Choas" لـ: إيليا بريجوجين "Ilya Prigogine" وإيزابيــل ســتينجرز "Isabelle Stengers». (Hienemann London, 1984, Chapters).

(١٥) للتبسيط الميُسَّر انظر: مع الكون كوطن "At Home in the Universe" لـــ: ســتيوارت كوفمان "Stuart Kauffman». (Oxford University Press, Oxford (1995)).

(١٦) الحياة عند حافة الفوضى "Life at the edge of chaos" لـ: جون ماينارد ســميث "John Maynard Smith». (New York Review, 2 March 1995, p. 28).

(١٧) انظر على سبيل المثال التذييل رقم ١٤.

الفصل السادس

الـترابط الـكونى

على بعد ما يقرب من ٢٠٠ كيلومتر غرب مدينة بورت أوجستا **Port Augusta** فى جنوب أستراليا وإلى الوراء من ريف خشن الطابع على حافة نولابـور بلـين **Nullabor Plain** تقع بحيرة كبيرة جافة ودائرية الشكل بالكاد، وهذا البحيرة تحمل اسم بحيرة أكرامان **Acraman** والتى تمتد من جانب إلى الجانب الآخر بطول يبلغ ٣٠ كيلومترًا. ومع أنها تكاد تتشابه مع كثير من الأحواض أو البرك الملحية فـى هذا الجزء من استراليا، فإنها ليست بحيرة اعتيادية من حيث قاعها. فمنذ حـوالى ٦٠٠ مليون سنة مضت اقتحمها نيزك من السماء محدثًا بعد اصـطدامه المـروع بالأرض، حفرة هائلة تعرف الآن بشبه جزيرة إيرى **Eyre Peninsula**، والمقاييس الأصلية لهذه الحفرة تبلغ على الأقل ٩٠ كيلومترًا من الجانـب للجانـب، وعـدة كيلومترات عمقًا. وتعتبر بحيرة أكرامان اليوم هى كل ما بقـى مـن آثـار هـذه «الندبة» الضخمة الحجم، وكشاهد أبكم أو صامت على هذا التغيّر العتيق الذى يثير فى النفس العجب والخشية معًا.

وهذا التدمير الفيزيائى الذى نتج عن مثل هذا الاصطدام الكونى لا شك أنـه يستدعى الخيال لتنشيط التأملات. فمثل هذا الجسم الوافد من الفـضاء يـصل إلـى حوالى عدة كيلومترات من الجانب إلى الحد الآخر، وربما يصل وزنـه إلـى مـا يقرب من مائة مليون طن، مرتحلاً بسرعة تقتـرب بـدورها مـن ٢٠ إلـى ٣٠ كيلومترًا فى الثانية، وعلى هذا النحو فهو يحدث أو يتسبب فى لطمة تعادل علـى الأقل مائة مليون ميجا طن من مادة **TNT**، أى بما يناظر أبعد كثيـرًا مـن كـل الأسلحة النووية الموجودة على الأرض مجتمعة. وعند دخوله جـو الأرض فهـو

يحل مَحلّه عمود هواء واسع للغاية، منشئًا صدمة قوية شديدة، تدور موجتها حول الأرض. وعند اصطدامه بالأرض، فإن النيزك ومعظم المواد فى موقع الارتطام تتجزأ على التو. كما تتخلع من الأرض المحفورة كميات ضخمة من الصخور وتنطلق، مندفعة إلى الهواء وحتى إلى الفضاء المحيط، تاركة وراءها ما يشبه الفوهة الواسعة للغاية لبركان ما. ومن ثم ترتد هذه القذائف الصخرية إلى الأرض مرة أخرى فى شكل انهمار مطر صخرى، وثمة على بعد مئات أو حتى آلاف الكيلومترات، تتقد وتشتعل بعنف الظاهرة النباتية بأسرها. وهذه الصدمة الأرضية المهولة الناتجة عن الارتطام المبدئى والذى يفوق أكثر الزلازل عنفًا، سوف تستمر فى «انتقامها» التدميرى. وإذا ما وقع هذا النيزك فى البحر، فلربما تنتج عن ذلك أمواج، يصل ارتفاعها لعدة كيلومترات، مدمرة حدود المحيط إلى حد غمر مناطق هائلة من الأراضى. هذا وسيلتف التراب المتصاعد من الارتطام الكرة الأرضية بأسرها إلى حد أنه يقيم حاجزًا بين الشمس والأرض لعدة شهور، خاسفًا ضوئها، ومحدثًا أمطارًا حمضية تسمم الأرض والبحر معًا. وما يتبع ذلك بالطبع سوف يصل تأثيره المهلك لكل أنواع الحياة المعروفة وسرعان ما تؤدى إلى انقراضها.

وهذا الاصطدام الكونى الذى أنشأ بحيرة أكرامان ليس فريدًا فى نوعه بأى شكل من الأشكال. فبين كل عدة ملايين قليلة من السنين يصطدم مذنب أو كويكب بالأرض بقوة تكفى لوقوع مثل هذا التدمير العالمى الواسع. وفى الماضى، ربما كانت مثل هذه المواجهات أو التقابلات بين الأجرام من مألوف الأمور. وقد أصبح واضحًا وعلى مدى واسع الانتشار أن مثل هذه الاصطدامات الكونية كان لها الأثر الكبير على الأشكال، التى وقع بها تطور الحياة، من خلال قدح أو الحث على الانقراض المرة تلو المرة، كما لعبت دورًا حاسمًا فى مسألة أصل الحياة. وحتى وقت قريب كان العلماء مشدودين بشكل رئيسى إلى الكيمياء والجيولوجيا فى محاولتهم تفسير النشوء الإحيائى، وكانت الأرض تعامل من قبلهم على أنها نظام معزول. ولكن عبر العقود الأخيرة من السنين، فقد أغرقتهم الاتجاهات الفلكية

للحياة، وأهميتها الحاسمة لها. ولكى نحصل على مزيد من فهم كيف بدأت الحيـــاة، فعلينا أن نَصَّاعد بنظرنا إلى النجوم، بحثًا عن أجوبة الأسئلة المثارة.

الغبار النجمى فى عينيك:

إذا كان مخزون الذرات هو من قبيل ما يُستنزف بأكبر مـــن قـــوة الأشـــياء الحية ذاتها وإذا ما كانت القوة المنشئة للطبيعة، كانت حاضرة أيضًا، فلماذا إذن لا يجب أن تعترف أن ثمة عوالم أخرى توجد فى أى مناطق السماء وقوافل مختلفـــة من الرجال، ومزيد من أنواع الحيوانات الضارية، وبهذه الكلمات المفعمة بالحيـــاة للشاعر والفيلسوف الرومانى لوكريتوس **Lucretius**(١) سعى إلى حثنا للاعتقاد بأننا لسنا وحدنا فى الكون. وكان يعنى إنه إذا كان الكون مصنوعًا من ذرات متماثلـــة تخضع لنفس القوانين الكونية للطبيعة، فلا بد أن العمليات التى أنتجت الحياة علـــى الأرض، قد قامت بنفس العمل فى عوالم أخرى. وتاريخ المناقشة الجاريـــة الـــذى يرجع إلى ذلك الرومانى الذرى(*) لوكريتوس، يجبرنا على مثل هذا الاعتقاد. ولكن هل هو صحيح؟

وقد أكد الفلكيون من خلال ملاحظاتهم عبر المناظير الفضائية أن الـــذرات هى ذاتها عبر الكون كله بالطبع. وعليـــه فـــإن ذرة كربـــون بمجـــرّة أندروميـــدا **Andromeda** تتطابق مع مثيلتها على الأرض. وثمة خمسة عناصر كيميائية تلعب دورًا بالغ الأهمية والحسم فـــى البيولوجيـــا الأرضـــية هـــى الكربـــون **Corbon** والأكـــــسيجين **Oxygen** والهيـــــدروجين **Hydrogen** والنيتـــــروجين **Nitrogen** والفوسفور **Phosphorus**، ويبدو أن هذه العناصر موجودة بوفرة، بل مـــن أكثـــر العناصر وفرة فى الكون.

(*) من أتباع النظرية الذرية آنئذ التى تقول بأن الكون عبارة عن ذرات (المترجم).

والكربون بالذات هو من أكثر تلك العناصر حيوية، ولنقل إنه أشبه بعروس المجال أو أكثرها أُبهة وفخامة، وذلك بسبب خواصه الكيميائية الفريدة، فذرات الكربون يمكنها أن ترتبط ببعضها البعض، مكونة شريطًا ممتدًا من الجزيئات أو البولميرات Polymers(*) غير محدودة التنوع والتعقيد. البروتين والدنا يعتبران مثلين على هذه السلاسل الطويلة من الجزيئات. ومن هنا فإنه إذا لم يكن ثمة كربون لاستحالت الحياة كما نعرفها الآن. ومن المحتمل أن يكون كذلك أى نوع آخر من الحياة.

هذا وعندما بدأ الكون بالانفجار الكبير كان الكربون غائبًا عن الوجود، لأن الحرارة الكثيفة الهائلة التى صاحبت ميلاد الكون حالت دون تشكل أى ذرات نووية، وبدلاً من ذلك فمادة الكون تكونت من «حساء» تغلب عليه عناصر بدائية مثل البروتينات والنيترونات. ومعظم البروتينات ظلت غير ملحقة بهذا الحساء وذهبت لتشكل نوى الذرات الهيدروجينية ومع ذلك وعندما تمدد الكون واكتسب برودته عبر الدقائق القليلة الأولى، فثمة تفاعلات نووية حولت بعض الهيدروجين إلى هيليوم **Helium** وبعض الدخان إلى كربون.

ومع ذلك فمعظم الكربون الموجود فى الكون لم يأتنا من الانفجار الكبير ولكن من النجوم. النجوم هى رد فعل اندماجات نووية، والتى عادة ما تحرق الهيدروجين لإنتاج الهيليوم. وفى النجوم الكبيرة تكون الخطوة التالية هى تحويل الهيليوم إلى كربون. وبعد ذلك، فإن العناصر المألوفة الأخرى (الأكسجين والنيتروجين وما إليها) يتم صنعها، ومعظم هذه العناصر الأثقل تبقى منحصرة فى النجوم، ولكن بين الحين والحين يتم تحريرها عندما ينفجر النجم. كما أن هناك تيارًا ثانيًا من المواد يهب علينا عبر الرياح الشمسية، وأيضًا عمليات مشابهة تحدث فى نظام النجوم.

(*) مادة تتكون من تجمع جزيئات بسيطة لتصبح ذات حجم جزيئى أكبر (المترجم).

وبأى من الطريقين فإن العناصر المبددة تلك تختلط بالسحب المحملة أساسًا بغاز الهيدروجين والتى تهوّم فى الفضاء الواقع بين النجوم. ومع اكتمال الوقت اللازم، فإن هذه السحب الغازية تتفاعل مع بعضها البعض، مشكّلة نجومًا جديدة، ونظامًا للكواكب، وهكذا تدرك أن الكربون والعناصر الأخرى الناجمة عن النجوم الميتة سوف تختلط أيضًا بذات السحب.

ولنتخيل معى أن نظامنا الشمسى قد تشكل على النحو الذى وصفته توًا منذ ٤,٥ بليون سنة مضت، أى أن سحابة مهولة من الهيدروجين محملة بعناصر ثقيلة نوعًا أدت إلى تثقيبها، وإلى انكماشها تدريجيًا. وهنا وهناك تتقاطر الجاذبية بأقصى جهد لها أو تشد تلك الغازات إلى ما يصير بها إلى ما يشبه الفقاعات الكثيفة اللولبية الحركة. هذا التكوّم أو التكريس سيؤول مصيره إلى عنقود من النجوم الجديدة. وواحدة من بين هذه النجوم هى شمسنا. وحولها فإن الغاز والتراب سيدوم فى شكل نموذج معقد، مشكلاً ما يشبه بالأسطوانة من مجموعة الغيوم السديمية **nebula**، وفى النهاية تؤول إلى كواكب غازية مكثفة هائلة الحجم مثل كوكب زحل **Saturn**. والعناصر الثقيلة تتركز فى المناطق الداخلية للشكل الأسطوانى المشار إليه، حيث يندمجون فى كوكب الأرض وجاراتها. وعلى هذا النحو، فإن المادة التى صنعت كوكبنا ليست بدائية، وإنما هو الغبار النووى من النجوم التى انفجرت واتقد لهبها، وماتت قبل أن يوجد النظام الشمسى بمدة طويلة.

ومنذ أن تَشَكّلت الأرض لم تبق المواد داخلها، ولكن استمر الكربون والهيدروجين والنيتروجين، فى الدوران المتعاقب فى جوها، صانعًا من خلال عمليات بيولوجية وجيولوجية ما يشبه القشرة حول الأرض، تعرف بالغلاف الجوى المحيط بها. وعندما يموت كائن عضوى ويتلاشى، فإن ذراته تتحرر مرتدة إلى البيئة فى بعض منها، ويصبح فى النهاية جزءًا من كينونات عضوية أخرى. وثمة إحصاءات مبسطة تكشف أن جسدك يشمل ذرة كربون تقريبًا من كل ميللجرام من كائن عضوى قضى نحبه منذ ألف

عام. وهذه الحقيقة البسيطة لها عدة تطبيقات مدهشة. فأنت على سبيل المثال تستضيف في بدنك حوالي بليون ذرة كانت فيما مضى تخص السيد المسيح أو يوليوس قيصر أو بوذا أو الشجرة التي جلس تحتها بوذا[٢].

وفى المرة القادمة التى تنظر فيها إلى نفسك فى المرآة، حاول أن تفكر فى التاريخ الطويل بأحداثه العديدة التى مرت بها الذرات المشكلة لبدنك، وتذكر أن ما تراه من لحم والعينين اللتين تراه بهما، جميعها مصنوعة من «غبار النجوم».

الكيمياء الكونية:

لقد نشأت معتقدًا أن الكيمياء هى شيء يجرى فى أنابيب الاختبار. وهذا ما سبب لى الاندهاش عندما تعلمت عام ١٩٦٩ أن جزيئات الأمونيا **ammonia** والماء تم اكتشافهما فى الفضاء الخارجى وتعجبت كيف تواجدت هناك؟ بالطبع، عَرِفَ الفلكيون منذ زمن طويل أن الفضاء ليس فارغًا تمامًا. وأن الفجوات بين النجوم تشتمل على سحابات رقيقة من الغاز والتراب. وحتى فإن سحابة غازية كثيفة نوعًا تدور بين النجوم، يمكنها أن تحوى مليون ذرة فى كل سنتيمتر مكعب، والتى يمكن اعتبارها فراغًا **vacuum**، لا يمكن الوصول إليه فى المعمل. وفى وسط مفرط كهذا فضلاً عما هو أقل وأقل من الصفر كدرجة حرارة، فإن الفرصة ستكون ضئيلة لحدوث تفاعلات كيميائية. ولكن الأمر ليس على هذا النحو.

من الناحية التاريخية، كانت أول إشارة عن احتمال وجود جزيئات فى الفضاء ترجع إلى بواكير العشرينيات من القرن الماضى عندما اكتشف الفلكى هـ.ل. هيجر **H.L. Heger** بعض الملامح الغريبة، الشرائط فى الأطواق المنتشرة بين النجوم **diffuse interstellar bands**، وذلك فى نطاق النجوم وليس على مبعدة منها. وفى النهاية تم امتصاصها أو استغراقها بواسطة جزيئات غير معروفة تقع فى الفضاء فى ممرات الضوء، ولكن لم يُقيّض للفكرة أن يتم هضمها. وبعد عدة

عقود زمنية، وفيما تلا اكتشاف الأمونيا والمياه البين نجمية، تسارع نمو قائمة الجزيئات الفضائية المعروفة. واليوم تم تعريف ما يزيد على ١٠٠ مادة كيميائية، أغلبها تم التعرف عليه عبر الإشعاعات وتيلسكوبات الأشعة تحت الحمراء.

ومعظم الجزيئات البين نجمية جزيئات عضوية، والمشترك العام بينها هو احتواؤها على أول أكسيد كربون **carbon monaxide**(*)، كما تحتوى أيضًا على الأسيتلين **acetylene**(**) والفورمالدهايد **formaldehyde**(***). والكحول **alcohol**(****)، وذلك بوفرة ملحوظة. وثمة عضويات أكثر تعقيدًا تم اكتشافها فيما بعد مثل الأحماض الأمينية و **PAHs** (بولى سيبسلك أروماتيك هايدروكربون) **polycyclic aromatic hydrocarbons**(*****).

ومن الواضح الآن أن ثمة وفرة فى العناصر الأساسية التى ساعدت على الحياة فى كل أنحاء الكون، حتى إن كثيرًا من الجزيئات العضوية قد استفادت الحياة منها واستخدمتها. ومع بلايين السنين التى استغرقتها الكيمياء الكونية لتكثير وتوليد تلك العناصر، فقد كان ثمة وقت وفير لبناء سحابات هائلة الاتساع محملة بالجزيئات، والتى ظهرت من بينها النجوم والنظام الكوكبى كله.

هذا، ويقتنع الفلكيون الذين درسوا كيمياء سحابات الغاز البين نجمية، بأن جسيمات التراب قد لعبت دورًا مهمًا تلحق الكيماويات بسطحها الصلب وتتفاعل

(*) كربون أحادى الأوكسيد وهو الذى يحتوى على ذرة أوكسجين واحدة فى كل جزىء منه.

(**) غاز عديم اللون والرائحة يستخدم فى اللحام.

(***) غاز مطهر شديد الفاعلية، ويستخدم الشكل المحلول منه فى التطبيقات الطبية.

(****) الكحول عبارة عن سائل طيار عديم اللون يستقطر من اختمار بعض المواد السكرية، وهو يمتزج بالماء ويذيب الكثير من المواد العضوية والمعدنية ويستخدم كمطهر وكمذيب فى الصناعات الطبية والصيدلانية (المترجم).

(*****) مركب عضوى يتكون من ذرات الكربون والهيدروجين فقط (هيدروكربون) فى شكل حلقة مستقرة كهربائيًا (أروماتيك)، ولكن هذه الحلقات تكون متعددة (المترجم).

معها بطرق معقدة. وليس من الصعب أن تعثر على البقع الترابية فـي الفـضاء. مجرد نظرة خاطفة للسماء ليلاً بالقرب من الممر الجنوبى منها **Southern Cross**، وسوف تلاحظ وجود لطخات سوداء كبيرة فى درب التبانـة **Milky Way**. وهـذه المساحات السوداء قد نشأت من خلال سحب التراب التى تخفى ما وراءها من نور النجوم. وهذه الذرات الترابية التى نتحدث عنها أشبه بالحبوب الضئيلة التى تعـادل أقطارها آلاف المليمترات، ولكنها تتضاءل لتكون فى حجم الجـزىء. وتركيبهـا ينتج عن كثير من المؤثرات الفيزيائية والكيميائية: الأشعة فوق البنفسجية، الريـاح النجمية، الموجات الصادمة، الأشعة الكونية. وهى تتـضمن سـيليكات **Silicates** والجليد **Ices** ومواد كربونية كالجرافيت **Graphite** وكثير من العضويات الأخرى. وهذه السحب البين نجمية يمكن أن يمتد عرضها لعدة سنوات ضوئية كثيرة، ولهذا تكون كتلة التراب فيها هائلة. وربما تكون هذه الحبوب أو البـذور البـين نجميـة ضئيلة، ولكنها قد تكون العقل الكيميائى الغائب أو الذكاء غير الواعى الـذى نـسج الحياة.

ومن المثير للعجب أن التراب البين نجمى له تأثيرات حتـى علـى خلفيـة كوننا. ومن المدهش أيضًا أن المناطق الداخلية فى النظام الشمـسى هـى منـاطق ترابية من خلال ما كشفت عنه المسبارات المختلفة. والضوء البروجـى (الخـاص بدائرة البروج) الشهير والمنظور بعد غروب الشمس عند خطوط العرض المدارية القريبة من خط الاستواء، هو نتيجة ضوء الشمس المبعثر على الجسيمات الدقيقـة جدًا فى الفضاء. والكثير من هذه المادة هو مجرد حطام تام فى هذا الموقع، إلا أن البعض منها يشكل تيارًا فى الفضاء البين نجمـى. ويمكنـك إذن، اعتمـادًا علـى سرعتها، أن تقول بأنها العناصر المنهمرة من النجوم. وقد سبق للفلكـى دونكـان ستيل **Duncan Steel**، والذى كان فى السابق بجامعة أدليد، ومعه رفقاؤه وزملاؤه أن استخدموا نظامًا راداريًا أرضيًا بنيوزيلندا لدراسة الحبوب البين نجميـة التـى تصطدم بالأرض. وبتحليل ظاهرة التأين **Ionization** التى تحدث عند لمـس هـذه المتدليات الشبيهة بشهب دقيقة تستطيع اختراق الجو من غير أن تفقـد حرارتهـا،

أعنى لمسها للأرض، فقد أبرزت الدراسات أن بعض هذه الجسيمات له سرعة تبلغ حوالى ٧٠ كم فى الثانية، وهى سرعة تزيد كثيرًا على إمكانية الإمساك بها فى مدار داخل النظام الشمسى(٣).

التكوّن أو النشوء عبر الفضاء:

انطلقت سفينة الفضاء بيونير ١٠ "**Pioneer 10**" كإحدى السفن الرائدة فى مجالها من قاعدة كيب كانا فيرال **Cape Canaveral** فى ١٩٧٢/٣/٢. وانقطع الاتصال الرادارى معها فى ١٩٧٧/٤/١ عندما كانت على مبعدة ١٠ ملايين كيلو متر من الشمس، والذى جعل منها أبعد شيء مصنوع يدويًا فى الوجود، تخيل أنه قد تم ربطك جيدًا على مقعد بذات سفينة الفضاء ببونير ١٠ لتتقدم معها برحلة للنظام الشمسى وما يليه من كواكب وأجسام فضائية، ففى غضون ستة أشهر ستعبر مدار المريخ، متغلّبًا بنجاح على عقبة حزام الكويكبات التى تحصى بالآلاف وتقع بين المريخ والمشترى. وفى أواخر عام ١٩٧٣ ستمر قريبًا من المشترى، وبعد عشر سنوات أخرى ستعبر مدار الكوكب نبتون **Neptune** ثم تغادر الفضاء البين كوكبى إلى الأبد، موليًا مقصدك إلى النجوم، سوف ترى الشمس حينئذ فى حجم يعادل ٣٠/١ مما كانت تبدو عليه وأنت على الأرض ثم ستستمر الشمس فى الانكماش طوال الوقت. وفى مواجهتك ستجد شقًا أو فجوة من الفراغ والبرد والظلام. وأقرب النجوم سيكون آنئذ على مبعدة ٤,٣ سنوات ضوئية بما يعنى ٤٠ تريليون كيلومتر. وحتى لو كنت ذاهبًا فى هذا الاتجاه، وهذا لن يحدث، فإن الرحلة بهذه السرعة ستحتاج منك إلى ١٠,٠٠٠ عام للوصول إلى هناك. استقر قليلاً لاستراحة طويلة، فليس هناك ما يمكن أن تراه لفترة طويلة.

بعد ارتحالك فى الفضاء لعدة آلاف من السنين، وتضمحل الشمس بحيث تصبح شيئًا لا يزيد لمعانه على اللمعان الشديد لنجمة بعيدة. ثمة هبة ريح أو تساقط نشط للثلوج بالقرب من موقعك الحالى، هناك شيء يحدث فى الخارج فى عتمة

الفضاء البين كوكبى، وثمة كتلة ما تتسل فجأت وبسلاسة ولكنها غير واضحة. وبشكل مبدئى تأخذ الشكل الكروى ويبدو أنها تبلغ عشرة كيلومترات من طرفها إلى طرفها الآخر. وبنظرة فاحصة قريبة، ستعرف أن هذا الشيء هو خليط غير منتظم من الصخور والثلج والقطران **Tar**: إنه مذنب.

وباستمرارك فى الترحال أكثر وأكثر، ستظل تظهر مذنبات أخرى تتسلل إلى الأجواء فى صمت، وستظل أنت متجاوزًا أو مكتسحًا هذه الأشياء المراوغة والمحيرة فى آن معًا: تريليون من كرات الثلج المتسخة مع بعضها البعض، وجحافل من الأشكال العنقودية فيما يشبه خلية النحل تحيط بالشمس وغيرها من الكواكب. وهنا وعلى بعد سنة ضوئية كاملة من المركز، فإن هذا التركيب الواسع من الأشياء الصغيرة الموصوفة سيكون علامة على الحد الخارجي الحقيقى للنظام الشمسى. وربما يكون موقعًا نائيًا ومنتشرًا على نحو واسع، إلا أن المذنبات ستظل مقيدة بمجال جاذبية الشمس الآخذة فى التلاشى.

ومن الناحية الواقعية لم يستطع أحد أن يرى المذنبات المحيطة بنظامنا الشمسى، ولكن وجودها أصبح مقبولاً من الفلكيين، منذ تنبأ بذلك لأول مرة جان أورت **Jan Oart** عام ١٩٥٠. والكتل الداخلية من المادة فى سحابة أورت لا تشبه المذنبات بمفهومها التقليدى، والتى تتلألأ فى السماء وينبت لها ذيل، ولكن سحابة أورت تعتبر البيت الحقيقى للمذنبات والمستودع الذى يمدنا بمعين لا ينضب منها.

وهذه المذنبات تظل نوعًا من الألغاز، حتى ولو أنها لوحظت عن كثب منذ قرون. وحتى وقت قريب استبعدها معظم الفلكيين من المشهد باعتبارها من اللاعبين الصغار فى الدراما السماوية، على الرغم من الهواجس المرعبة التى ولدها مرورها فى الثقافات القديمة. أما اليوم فقد تبدل هذا الرأى لتصبح المذنبات على رأس الموضوعات الساخنة، ويتعلق أحد أهم أسباب هذا التغير بعمر هذه المذنبات، إنها تعتبر من البواقى التى لا تزال مستمرة من ميلاد النظام الشمسى نفسه، أو نماذج محتفظة بحالتها القديمة من مادة السديم الشمسى، وربما كانت

منقوعة أو منغمسة فى مادة بين كوكبية أكبر منها بكثير. فعلى سبيل المثـال يعـد التراب الذى ينفثه المذنب هالى "Halley" أقدم عنصر قام العلماء بتحليله. فقد ظـل هذا المذنب البدائى من دون تغيير وفى قلب عمق الثلاجة الفضائية لمدة ٤,٥ بليون من السنين.

ومن الأشياء المثيرة والضاغطة بشأن هذه المذنبات، هو الدور الذى يبـدو أنها لعبته فى أصل وتطور الحياة. ولكى تدرك مدى أهميته، يجب أن تعـود إلـى الوراء بفكرك إلى بداية نشوء النظام الشمسى. أعنى الطريقة التـى تـشكلت بهـا الكواكب من خلال الاهتياج والاضطراب العظيمين للسديم الشمسى، والذى كان فى غاية التعقيد. حيث بدأت العملية باحتشاد وتجمع جسيمات ضئيلة، ثم تصادمت ومن ثم اندمجت مع بعضها البعض وعلى نحو بطىء أصبحت تشكل تجمعًا أكبر وأكبر من المادة الصلبة. وهذه البذور فى داخل النظام الشمسى هى بالأساس مكونة مـن سيليكات **silicates** مقاومة للحرارة. وأكثر من ذلك فثمة بذور كانت قابلة أو قادرة على الطيران تكثفت.

ومع تزايد حجم وكتلة تلك الشظايا بدأت تمارس جاذبية لحـسابها الخـاص فشدت جاراتها. وبذلك أصبحت التصادمات أكثر عنفًا منذ تجاذبـت هـذه القطـع الكبيرة إلى بعضها عبر قوة أكبر. وبعد ربما عشرة آلاف سنة من الدوران ابتلعتها كويكبات(*) يبلغ حجمها بضع مئات من الكيلومترات، وبعد مليـون سـنة انطلـق كوكب فى حجم المريخ إلى مداره حول الشمس، وأصبحت مواجهة الجاذبية الهائلة والمروعة من الأمور التى لا يمكن تجنبها. وعند نقطة معينة، فقد تـم الاصـطدام بالأرض على نحو مائل أو منحرف بواسطة واحد من هذه الأشياء، محـدثًا آثـارًا هائلة. إذ اخترق هذا الجسم الأرض إلى حتى مركزها الداخلى، مُنْشِئًا بذلك قلبهـا الحديدى. كما انزاح الغلاف الخارجى الأخف للأرض بعد اقتلاعه بسبب الـصدمة

(*) من الأجرام السماوية الصغيرة نسبيًا، والتى يظن أنها وجدت فى مرحلة مبكرة من نشوء النظام الشمسى (المترجم).

منطلقًا إلى الفضاء، مُنتجًا بذلك مدارًا أسطوانيًا صغيرًا حول الأرض، لحطام هـذه القشرة المنتزعة، والتى استضافت فيما بعد ما عرف باسم القمر. فـضلاً عـن أن الطاقة المهولة المُنتَجَة قد حفظت الأرض جافة من أى مادة قابلة للتطاير.

وفيما بعد أصبحت سرعة الوقائع فى النظام الشمسى أقل اهتياجًا أو سعارًا، لأن المادة هناك أصبحت أكثر رقة وأقل كثافة، كما أدت ظروف البرد إلى تجمـد مواد مثل الماء والكبريت **sulphur**. وعلى نحو حاسم فربما عاش الهيـدروكربون (الضعيف) من الغاز الرئيسى للسحابة فيما قبل حرارة الشمس فى هـذه المنطقـة. وتجمعت بذور أو حبات التراب الدقيقة حولها وفيما يشبه الزغب أو الـريش مـن آثار بللورات الثلج الذى قامت بإذابته. ومن حين لآخر، فإن هذه الكِـسَف الثلجيـة تتصادم مع بعضها وتلتصق. ولكونها تنتشر على مدى عريض، فإن هذه الجسيمات الثلجية لا تتكتل فورًا فى شكل كواكب، بل تشكل تجمعات غفيرة فى شكل أجـسام ثلجية صغيرة (نسبيًا)، يتراوح حجمها من عدة كيلومترات من جانب إلى الآخـر، كالمذنب إلى كويكب أكبر من ذلك بمائة مرة. وبعد حوالى عشرة بلايـين سـنة، تجمع عدد كاف من هذه الأجسام الثلجية، لينشأ جنين الكوكب العملاق: المـشترى. وبمجرد أن بلغ هذه الكوكب حجمًا يعادل حوالى عشرة مرات من كتلـة الأرض، فقد بدأ المشترى ينمو بفعل إضافات الأجسام الشاردة فى الفضاء، واستطاعت قـوة مجال جاذبيته أن تمضى أو تنثر بعيدًا حطام شريط عريض من السديم، مُستَلِبة ما يكفى من مواد حزام الكويكبات السيارة (بين المشترى والمريخ) لتـشكيل كوكـب مستقل ذى شكل قزمى: المريخ. وعلى نفس منوال النمو، والـذى تكـرر لنـشوء الكواكب زحل **Saturn** وأورانوس **Uranus** ونبتون **Neptune**، ولكن على مستوى أكثر بطئًا بسبب الكثافة الأقل للسديم مع طول استمراره. وفيما وراء مدار نبتـون، فإن الكويكبات موزعة بشكل شديد التناثر وعلى نحو لا يتسنى معه تشكّل كوكـب (كوكب بلوتو **Pluto** ليس كوكبًا حقيقيًا) وعديد من هذه الكويكبات الثلجية مازالـت هناك على التخوم الخارجية للنظام الشمسى، مظلمة على نحو ما، وغير واضـحة، وتدور فى مدار حول الشمس فيما يعرف بحزام كويبر **Kuiper belt**.

وقد استطاعت مجالات الجاذبية عبر العصور الممتدة أن تدفع كثيرًا من الأجسام الثلجية إلى الفضاء لتصبح بين نجمية. وأغلب هذه الأجسام قد دُفع بها وبغير عودة خارج النظام الشمسى، وبعضها اندفع بعيدًا إلى ما أصبح فى النهاية سحابة أورت **Oort claud**. وهذه البعثرة الناجمة عن الجاذبية كانت عشوائية بالكامل، حيث راحت ملايين من هذه الكتل تحت الاندفاع إلى داخل النظام الشمسى أيضًا، وبعضها تهشم داخل الكواكب. وتكرر الاصطدام فى البداية من الكويكبات الذائبة فى المنطقة الواقعة بين كوكبى المريخ والمشترى، ومرة أخرى بواسطة المذنبات القادمة من نطاق كوكب المشترى. وعبر مدة زمنية أطول أصبحت هذه الأجسام الثلجية، كواكب زحل وأورانوس ونبتون والتى سبق قذفها بعنف إلى ما بين الكواكب فى النظام الشمسى. أما الأجسام خارج هذا النظام فقد أضافت مادة صخرية مضيئة خادعة المظهر للقشرة الأرضية. وما هو أكثر أهمية أنها دفعت بكميات هائلة من المياه كافية لنشوء ما نراه من محيطات لعدة مرات أكثر منها. ومع هذه المياه جاء الكثير من الجسيمات القابلة للطيران والتوليد والتى كانت الأرض تفتقدها، خاصة تلك التى شجعت على نشوء الحياة العضوية. وعند هذه المرحلة، هبت رياح عنيفة من السديم الشمسى الأصلى، دافعة أمامها غازات الهيدروجين والهيليوم وغيرهما، بعضها استقر فى جو المشترى وذهب الباقى إلى التلاشى فيما بين النجوم. ويشبه الأمر أن تكون الأرض قد تركت بقليل أو بلا جو بدائى على الإطلاق، ولكن مع تدفق الماده المُذَنَّبِيّة فقد تم تطويق الأرض مرة أخرى بعباءة من الغازات الكثيفة مع مزيد من الأبخرة البركانية التى أراقها الجزء الداخلى المنصهر من الأرض.

وبعد مائة مليون سنة، كان قد اكتمل تشكل الأرض بالكاد. ومع ذلك أصبحت بعد نصف بليون سنة تشبه الكوكب الأزرق الذى نعرفه اليوم. كان السطح ساخنًا، والمحيطات أكثر عمقًا والجو العام أكثر ميلاً للتحطيم، والأنشطة البركانية أوسع انتشارًا، وكوكب القمر أكثر قربًا، وأمواج المد أضخم. وكوكب

الأرض يدور بسرعة أكثر بكثير مما هو عليه الآن بحيث يعقب النهار الليل في غضون ساعات قليلة. وكان الاختلاف الكبير متعلقًا باستمرار التهديد القادم من الفضاء. نفس الكويكبات والمذنبات التي ساعدت في تشكيل سطح الكوكب لم توقف أنشطتها بشكل مفاجئ، بل استمرت تصل عصرًا بعد عصر بحمولاتها من الثلج والمواد العضوية. وفي الواقع هي لم تزل تجيء. إلا أنها عند تلك المرحلة تكون قد بدأت مساهمتها في تاريخ الحياة.

تأثير الصدمات:

«المذنبات جاءت بها، وهي أيضًا التي أخذتها بعيدًا»

كارل ساجان Carl Sagan[٤].

واحد من الأسباب التي تجعل من الكتاب المقدس مما يَحْسُن قراءته هو أنه مليء بالدراما والمشاهد: نيران وصخور كبريتية والطاعون والأوبئة، وعلامات في السماء وفيضانات ومياه تنفصل عن بعضها. وإذا كان العالم قد أنشئ منذ ٦٠٠٠ عام، كما اعتقد كثير من المسيحيين القدامى (من الواضح أن القليل منهم لا يزال عند هذا الاعتقاد)، فلا بد أن القوة المنشئة للطبيعية كانت معينة ومنشغلة بالطبع في إنشاء الشكل الحالي لكوكبنا من بناء للجبال والمحيطات والأودية التي تحمل النفايات، وتحريك المجلدات **glaciers** أو أنهار الجليد.

وعندما حاول الجيولوجيون في القرن ١٨ إعطاء تفسير للجبال وأودية الأنهار، وملوحة المحيطات وأنهار الجليد، وأطوار حياة الصخور والأحفورات من خلال مصطلحات العمليات الفيزيائية بعيدًا عن الدور الإلهي في ذلك، فقد تبينوا أن هذه الأشياء استغرقت في نشوئها أكثر من ٦٠٠٠ سنة. وفي عام ١٧٨٥ أعلن الإسكتلندي جيمس هاتون **Hutton**، والمنقوش على اللوحة التذكارية لمقبرته أنه مؤسس الجيولوجيا الحديثة[٥]، أن تاريخ جيولوجيا الأرض الذي لم نعثر له على

بقايا يمكن أن تحدد بدايته، يبدو كمشهد لا نهاية له. لقد اعتقد هاتون أن ملامح سطح كوكب الأرض قد تشكلت على نحو تدريجي من التغييرات المتزايدة والممتدة عبر فترات هائلة من الزمن، لقد تبين له أن ملايين من السنوات احتاجتها الصخور الرسوبية لتتراكم على هذا النحو مع بروز الجبال من بينها وتعرضها أيضًا لعوامل الحتّ.

لقد بدت أفكار هاتون هذه كنوع من «اللا تشكلية المصنوعة» **informitarianism**، وذلك بالمقارنة مع العقلية الكارثية لدى أتباع الكتاب المقدس، الذين يعتقدون بتفسير أن شكل الأرض يرجع إلى فيضان سيدنا نوح، والتشويه البركاني المستمر والصواعق السماوية. وقد احتضن تشارلز ليل **Charles Lyell** بجماع قلبه هذه «اللا تشكلية المصنوعة» في بحوث ورسالة هاتون وطبعها في كتاب بعنوان «مبادئ الجيولوجيا» **"Principles of Geology"**، والذى تم نشره في عام ١٨٣٠. وعند هذه المرحلة بدا واضحًا للعلماء أن التغيرات الجيولوجية تطلبت بلايين السنين، وليس مجرد الملايين منها، لكى تستكمل الصورة التى هى عليها. وهى نتيجة ستكون متناغمة ومرضية لتشارلز داروين، الذى تخيل أن التطور البيولوجى قد استغرق سلسلة طويلة من التأقلم البطىء والتراكم عبر فترات مشابهة من حيث الطول.

ومع الإدراك المتأخر زمنيًا، يمكننا أن نرى أن «اللا تشكلية المصنوعة» قد ساقت إلى رد فعل ضد التأملات الدينية عن الطبيعة. وعلى الجملة، فقد أثبتت أن هذه الأخيرة تعتبر عقيدة عنيدة أو حَرُون أو مستعصية. وثمة أدلة عن الجيشان الفجائى جيولوجيًا وبيولوجيًّا كانت واضحة لوقت طويل، ولكن تم تجاهلها بشدة. حتى هؤلاء الذين حاولوا لفت الانتباه إليها، فقد تم إبعادهم كقوم لهم أهمية في المجال. وعندما حدس الفلكى الجلل إدموند هالى **Edmond Holley** عام ١٦٩٤ أن مذنبًا ربما صدم كوكب الأرض عن طريق المصادفة، فقد تم استهجان مقترحه وإهماله جانبًا. وفى عام ١٨٧٣ كان الفلكى الإنجليزى هـ. إيه. بروكتور

H.A. Proctor جريئًا بدرجة كافية ليقترح أن الحفرات الهلالية الشكل ربما تكـون نتيجة لصدمات للكوكب بواسطة الكويكبات، ولكنه سارع بإهمال دعواه واستبدالها بحقيقة أن فوهات مشابهة لم تكن واضحة على سطح الأرض.

وفى ستينيات القرن الماضى تأكد لدى بعض الفلكيين أن الحفر أو الفوهـات هلالية الشكل أو الدائرية هى فى أغلبها ذات أصل بركاني. لقد كان الأمر يحتـاج لهبوط مركبة الفضاء أبوللو على سطح القمر، لتبرهن فى النهاية علـى أن الحفـر الموجودة فى سطحه تسبّب فيها وابل ممتد من صـدمات الأجـسام القادمـة مـن الفضاء.

هذا وقد أظهرت لنا الصور التى التقطناها لكواكب وأقمار أخـرى، وجـود فوهات أو حفرات مشابهة وكثيفة: عطارد والمريخ يعتبران مثالين جيـدين علـى ذلك. وهذه الأجسام استطاعت أن تحتفظ بسجل للتصادمات التى وقعت بها، بـسبب افتقادها للأجواء الكثيفة وضعف نشاطها الجيولوجى. وبالمقارنة مع الأرض، فـإن الحفر التى خلفتها التصادمات قد مُحيت تقريبًا بسبب عوامل التعرية وما تفعله مـن تآكل وحتى مع ذلك فقد بقى على الأقل مواقع لـ ٢٥ حفرة تم التعرف عليها بشكل إيجابى فى أستراليا وغيرها، وفى الولايات المتحدة الأمريكية بالقرب مـن مدينـة ويندسلو **Windslow**، فى ولاية أريزونا **Arizona** هناك حفـرة شـهيرة تعـرف بالحفرة النيزكية **Meteor Crater** أو باسم حفـرة بـارنجر **Barringer Crater**، والتى يبلغ قطرها ١,٢ كيلومتر وعمقها ١٠٠ متر، ويصل عمرها إلـى ٣٠٠٠٠ عام. وتعتبر بذلك أقدم وأكبر حفرة ناتجة عن تصادم نيزكى بالأرض معروفة مثل بحيرة أكرامان **Acraman**، والتى أشرت إليها فى السابق.

وتعد دراسة القمر من أفضل الوسائل لإعادة بناء ما وقع للأرض من وابـل التصادمات ذلك أن القمر من الناحية الفلكية يعد من أقرب الكواكب للأرض، وعليه فهى كانت هدفًا لأى تعاملات جرت مع تخوم جارنا الصغير (القمـر). حتـى إن تيلسكوبًا صغيرًا، وحتى نظارة معظمة، سوف يكشفان بعض الحفر القمرية الأكبر

حجمًا والتى يرجع عمر أقدمها إلى أكثر من ٤ بلايين سنة، وإن كان كثيرًا مما هو أصغر منها أقرب زمنيًا منها. وتلك التى وقعت من تصادمات أحدث سنجدها تعلو حفرًا أقدم منها، ذلك أن الحفر الأحدث تتجه إلى محو وتمويه الأقدم منها. وعلى ذلك فإن محاولة ملء الثغرات التاريخية منذ الـ ٥٠٠ مليون سنة الأولى، تعد عملاً من أعمال التخمين. ومن ناحية أخرى، فإن النماذج الرياضية والسجل القمرى الباقى يقترحان أو يؤيدان أن جميع الأجسام السماوية فى داخل النظام الشمسى قد تلقت ضربات صدامية من جانب الحطام أو الأطلال الكوكبية المحلية، وأيضًا من الكويكبات والمذنبات العملاقة القادمة من الفضاء خارج النظام الشمسى. وهذه التصادمات يجرى تعقبها تدرجًا منذ أكثر من عدة مئات الملايين من السنين، فقط لتلخيص واستعادة ما يمكن أن يكون قد وقع من ضراوة منذ ٣,٨ إلى ٤ ملايين سنة مضت. إنه إذن المرحلة أو الوجه من ظاهرة العنف المكثف الذى نشأ عنه سطح القمر من حيث الأحواض البِركِيّة (نسبة إلى البِركَة) المسطحة والمظلمة، والتى تُركت مملوءة بالحمم ومقذوفات البراكين والتى بقيت ناعمة وملساء وهادئة نسبيًا وساكنة بعد كوارث الصدمات. وتختلف الآراء حول سبب ومدى الصدمات المتأخرة فبعض الفلكيين يعتقدون أن ذلك ينحصر فى قرب الأرض من القمر، ويرى آخرون أنه يشمل أيضًا كل النطاق الذى يضم النظام الشمسى بأسره. وربما يرجع السبب إلى انشقاق القمر أو إلى مارد يأخذ شكل المذنب.

ومن وجهة نظر الحياة فإن معنى هذا الوابل المكثف من الاصطدامات هو ما يشبه توريد العضويات. وعندما حلقت سفينة الفضاء جيوتو **Giotto** بالقرب من المذنب هالى **Hally** عام ١٩٨٦، فقد كشفت عن قلب للمذنب عبارة عن كتلة من القار الأسود يشمل الكربون والهيدروجين والنيتروجين والكبريت، وبتحليل الغبار المتدفق من رأس المذنب تبين أن حوالى ثلثه عبارة عن مادة عضوية. كما تم رصد جسيمات عادة مثل البنزين(*) **benzene** والميثانول(**) وأحماض خَلِّيّة

(*) سائل ملتهب يستخرج من قطران الفحم ويستعمل فى صنع اللدائن وغيرها (المترجم).

(**) سائل كحولى ملتهب وله طابع السمّية (المترجم).

(من الخل). فضلاً عن بعض ما يعتبر قوالب طوب البناء للأحماض النووية. وإذا كان هالى على هذا النحو، فيكون من السهل أن نعتبر المذنبات هى التى أمدت الأرض بما يكفى من الكربون لنشوء الغلاف الجوى للأرض قاطبة. كما أن صورة مشابهة قد وقعت للأجسام الثلجية الأكبر حجمًا فى النظام الشمسى. وقد وجد الفلكيون مؤخرًا بعض الأشياء الغريبة أطلقوا عليها اسم «القنطور» Contour(*) وهى تجوب هذا النطاق قادمة من حزام كويبر. وهذه الكويكبات الصغيرة(**) ذات لون أحمر قاتم ويبدو أنها مغطاة بفضلات بدائية غنية بالهايدروكربون.

هذا كله يغرينا بالاعتقاد أن هذه التصادمات العائدة إلى المذنبات والكويكبات السيارة والكويكبات الصغيرة هى التى حَمّلت الأرض بطبقة من المادة العضوية والمياه، التى بالتالى شكلت «الحساء» البدائى والذى انبثقت منه الحياة فى النهاية. ومع ذلك فثمة صعوبات تعترض هذه النظرية ذلك أن تصادم المذنب مع الأرض يعتبر واقعة تتسم بالعنف البالغ لدرجة أنها مهلكة للعضويات بأكثر من أن تمد بها الأرض. كما أن الأشياء الصغيرة التى تقتحم الغلاف الجوى بسرعة عالية تميل لأن تحترق بشكل كامل، بينما القذائف الكبيرة عندما تصطدم بالأرض بمثل هذه القوة، فإنها يتبخر أغلبها أو يتلاشى بفعل الانفجار الناجم عن الصدام. ولكى تبقى العضويات موجودة فى مثل هذه الظروف سيمثل نوعًا من الحظ الطيب. وكما سنرى فى الفصل التاسع فإنه مع الكتلة الصحيحة لتلك القذائف وزاوية الدخول، فإن عضويات الفضاء الخارجى يمكن أن تصل الأرض دون أضرار، ولكنه ليس من الأمور الاعتيادية. وتبين بعض الأبحاث أنه يمكن لتلك البذور الغبارية أن ترتحل منجزة طيرانها بأفضل من الصخور الكبيرة الحجم، وأن معظم عضويات الأرض قد جاءت من السماء على هذا النحو الخاص تمامًا، مثل هبوط «المن

(*) وهو كائن خرافى نصفه رجل ونصفه الآخر فرس (المترجم).

(**) هذه الكويكبات الصغيرة يعتقد أنها تكونت ووجدت فى مرحلة مبكرة من وجود النظام الشمسى. (المترجم).

والسلوى» من الجنة. والبعض الآخر من الأبحاث يرى أن الصدامات الموجية الصادرة عن المذنبات القادمة، ربما ولّدت جزيئات عضوية طازجة لتُغيّر من أبعاد التحطيم الصدامي.

وفي الحالة القصوى للأمر، فإن الجسم الكبير الذى سيضرب الأرض بمثل هذا العنف سوف يزيل أكثر المواد بدلاً من أن يحافظ عليها أو يخزنها. وهذا مجرد لطف فى التعبير عن ذلك الأمر البغيض، الذى هو الحتّ والتآكل الشديد الناجم عن التصادم. ويبدو أن التصادمات الأكبر فى عصر الوابل الثقيل من التصادمات كنست أمامها معظم الغلاف الجوى والمحيطات. وقد كان هذا الوابل من المذنبات أشبه بالسيف ذى الحدّين، عندما تأتى المسألة للمياه والعضويات. والسؤال عما إذا كان كوكب ما هو الفائز الكامل أو أنه كان خاسرًا، فإن الأمر يعتمد تمامًا على الظروف. وفيما يبدو أن الأجسام الصغيرة مثل المريخ وعطارد والقمر كانت من بين الخاسرات بسبب عوامل الحت التى سببتها الصدامات، بينما الأرض وكوكب الزهرة – بالمقارنة – قد حظيا بالمواد.

وقد بقى «السيف ذو الحدين» ليحفظ التوازن على كوكبنا، كما فعل سيف داموكليز **Damocles**، بينما ظلت المذنبات والكويكبات والنيازك أو الشهب كمصدر خطر وتهديد للأرض. ويكمن السبب فى ذلك فى التأثيرات وسيطرتها فيما وراء النظام الشمسى. وبالرغم من أن النجوم تبدو لنظر أى امرئ وكأنها مثبتة فى مواقعها بالسماء، ولكنها ومن بينها الشمس فى الحقيقة تدور فى مدار حول المجرة، وهى تتم دروتها هذه مرة واحدة كل ٢٥٠ مليون سنة أو نحو ذلك. وبسبب هذا الارتحال البطىء، فقد يحدث أن نجمًا آخر أو سحابة غازية ضخمة تقترب من النظام الشمسى. وعندما يحدث ذلك، فإن مجال الجاذبية يربك سحابة أورت حيث تقذف بعض المذنبات إلى خارج النظام الشمسى وبعض آخر ينحرف فى اتجاه الكواكب.

وعندما يتم اكتشاف مذنب جديد، فإن الفرصة تكون سانحة لاعتباره مجرد زائر لمرة وحيدة، ساقطًا علينا من الاقترابات الخارجية لسحابة أورت فى رحلة

مليونية السنوات. وفى بعض الأحيان حين ينفذ مذنب إلى داخل النظام الشمسى فإن مداره يتشوش بفعل كوكب المشترى أو أى كوكب آخر، لدرجة أنه يعيد الكرة إلى دورته من وقت لآخر. ومعظم هذه المذنبات معروف لنا، ومن أبرزها المذنب هالى، وعندما يقترب من الشمس، فإن المواد القابلة للطيران تبدأ فى التبخر والتلاشى، بينما ينفث المذنب سحابة من الغاز والغبار تدفعها الرياح الشمسية إلى الذيل المميز. والمصير النهائى لمثل هذه الأشياء، ينحصر فى إما السقوط داخل الشمس، وإما ضرب كوكب أو ردها بعيدًا عن النظام الشمسى وليس من بديل لذلك سوى «موت» المذنب فى حالة، مثلاً، توهج واتقاد كل مواده القابلة للطيران، ومن ثم ينحل ويَتَفَسَّخ قبل وقوع أى من الأحداث المشار إليها.

هذا، وتشير الحسابات إلى أن الاضطرابات فى سحابة أورت يجب أن تحل محل كل مذنباته بعد عدة مئات من ملايين السنين. ومع استمرار ظهور المذنبات على نحو منتظم فلا بد أن هناك عمليات إمداد بالطاقة تأخذ مجراها. وبعض الفلكيين يشكون فى وجود سحابة داخلية أو حزام للتغذية هما المسئولان عن ذلك، وأنهما يمتدان من المنطقة فيما وراء الكوكب نبتون ويتناقصان تدريجيًا، وأن حجمها الكلى قد يصل إلى ضعفى كتلة الأرض. وفى السنوات القليلة الماضية فقط تم اكتشاف بعض الأجسام الثلجية الكبيرة بالقرب أو فيما وراء حافة الجزء الكوكبى للنظام الشمسى وفى إطار حزام كويبر. ومن المحتمل أن المذنبات القصيرة زمنيًا تتجذر هناك بأكثر من كونها فى سحابة أورت الأكثر بعدًا.

وحتى فى يومنا هذا يستطيع مذنب أو كويكب أن يضرب الأرض بقوة تكفى لمحو معظم ما هو حى. كما يبدو قريبًا من المظنون حاليًا أن تصادمات ضخمة كانت وراء بعض الأحداث الدرامية الكبرى عبر العصور الجيولوجية المختلفة. ومن أكثر أحداث الانقراض شهرة، هى تلك التى وقعت منذ ٦٥ مليون سنة (وهى مدة قريبة نسبيًا بالمصطلحات الجيولوجية)، عندما ماتت الديناصورات واختفت فجأة هى وعدد كبير من الأنواع الحية الأخرى. والدليل على أن تصادمًا كونيًا

هائلاً هو الذى كان مسئولاً عن ذلك جاء من الطبقة الواسعة العالمية من العنصر النادر المعروف باسم إيريديوم **Iridium**(*). الذى وجد فى ثنايا طبقة الطفل أو الصلصال فى ذلك الوقت. هذا العنصر جاءنا بالتأكيد من الجسم الصادم. هذا وقد جاءنا تأييد درامى لهذه النظرية فى العام ١٩٩٠ عند اكتشاف حفرة هائلة بحوافها الصحيحة، مدفونة تحت الأحجار الكَلسِيّة أو الجيرية فى المكسيك، والتى جاءت قياساتها نحو ١٨٠ كيلومترًا من الحافة إلى الحافة على الأقل والتى ربما تسبب فيها جسم صادم يقرب قطرة من ٢٠ كيلومترًا.

والتصادمات الكونية هى من قبيل الأمثلة التى يشير إليها البيولوجيون كأحداث عارضة أو محتملة. إنهم لا يقيمون وزنا للبيولوجيا الأرضية وإنما فقط يعتبرونها من الأحداث القادمة من القبة الزرقاء أو السماء دون أى رابط بينها وبين تطور الحياة على الأرض وإنها تجمع بين الإبداع والهدم أو بين الجيد والسيئ. وأصل الحياة على الأرض وربما فى بعض الكواكب الأخرى، ربما تعتمد جيدًا على ثراء موادها القابلة للتطاير، بينما كان موت الديناصورات تمهيدًا فقط لصعود الثدييات، ثم الإنسان فى النهاية. ويبدو أننا ندين بحياتنا ووجودنا لمصادفة مأساة فلكية، حتى لو كان مصيرنا متجهًا إلى مجرد بقايا كبقايا الديناصورات المشاهدة حاليًا.

تأثير «سيزيف» Sisyphus:

اكتشاف أن الأرض والقمر كانا دليلين على أن عقوبة كونية ما وقعت على شكل وابل من التصادمات حتى ما يقرب من ٣,٨ بليون سنة مضت، يحيلنا إلى متاهة كبرى. وإذا ما كانت أحفورة قابلة للتصديق بأن الحياة ازدهرت بالتأكيد منذ ٣,٥ بليون سنة مضت، وربما من الممكن أن تكون مبكرة عن ذلك إلى حد ٣,٨٥

(*) عنصر فلزى نفيس أشبه بالبلاتين (المترجم).

بليون سنة ماضية، وأن هناك نتائج رهيبة وكئيبة لتصادم كبير ومروع، فهل يمكن للحياة أن تحتمل الوجود عبر هذا الوابل من المقذوفات؟ للأسف فإن ما ظهر وانتشر من أدلة يمكنه من جعل هذه المعضلة تتسم بالإثارة. ولو أن الجيولوجيين اكتشفوا بللورات من الزيركون **Zircon**(*) (سليكات الزركونيوم) عمرها ٤,٤ بليون سنة، واستنتجوا من ذلك بأن نوعًا من القشرة الأرضية قد أثارها شيء ما في هذا الوقت، باعتبار أن أقدم الصخور التي بقيت بكرًا وغير مُضارة التي سبق أن عثروا عليها يرجع إلى ٤,٠٣ بليون سنة. والعمليات الجيولوجية قد اجتثت تقريبًا كل الأدلة على ما كان يشبه أن يكون عليه كوكبنا منذ ٣,٨ بليون سنة.

ولو أن الأرض قد قاومت، لتمنحنا أسرار شبابها، كأدلة مباشرة عن الأحوال التي سبقت الـ ٣,٨ بليون سنة مضت بحيث تكون كامنة تحت أنوفنا (أو حتى داخل أنوفنا ذاتها). فإن الدنا تشتمل على سجل لماضينا، لأن أجناسنا أو أعراقنا قد تمنطقت بالظروف البيئية التي أحاطت بها. ولو أن السجل العرقي مثله مثل السجل الجيولوجي قد انعزل وغمض بفعل ما أحدثه الزمن من إتلاف وتخريب، فهو بالفعل لم ينمح أو يتلاش تمامًا. وقد جاءت كجائزة لمعلوماتنا عن تشكلات الجينات، هي تلك المعلومات التي أمدنا بها علماء المايكروبيولوجي **microbiologist**، والذين استطاعوا أن يطلعونا على الكثير عن أسلافنا العالميين، الذين ربما عاشوا قبل ما يقرب من أربعة بلايين من السنين، ومن خلال معلوماتهم تلك، يتسنى لنا أن نُخمِّن الظروف التي سادت في ذلك الوقت. وبالفعل فإن الرسالة التي ظهرت لنا من ذلك كانت مفاجئة.

تخيل ماذا كان يشبه الأمر خلال عصر الوابل الكوني من الصدامات الكونية. فكل صدام كبير أنشأ جَيَشَانًا أو فورانًا عالميًا في قشرة سطح الكوكب،

(*) مادة الزركونيا هي عبارة عن ثاني أكسيد الزركونيوم الذي يضاف إلى مكونات الطوب الحراري لرفع درجة إيضهارة إلى حوالي ٢٧٠٠ درجة، كما يضاف إلى خليط المينا المزججة إكسابها خاصية الاعتام (المترجم).

ومدى التشويه الحادث كان أسوأ بشدة من الهَبّة التى أفنت الديناصورات. وقبل ٣,٨ بليون سنة قام شيء قطره ٩٠ كيلومترًا بضرب القمر، منتجًا فيه ما يشبه الحوض الضخم والذى كان حجمه يقارب الجزيرة البريطانية كلها. كما أن عدة تغيرات عنيفة مشابهة تركت علامات على آثارها التدميرية فى شكل حلقات من الجبال. ولكونها بهذا الحجم الأكثر ضخامة فلا بد أن الأرض بدورها قد عانت من عشرات الاصطدامات المماثلة فى الحجم، وأيضًا من بعض ما هو أكبر. ومن الصعب العثور على أى من مسببات هذه الصدامات الضخمة. فهناك الكثير من هذه الأجسام الضخمة تقبع داخل النظام الشمسى. هناك كويكب شارون **Chiron** المكتشف مؤخرًا والذى يدور فى مدار غير مستقر بالقرب من زحل؛ ويبلغ ١٨٠ كيلومترًا طولاً من الجانب إلى جانبه الآخر، وتعتبر توابع ضربه للأرض مرعبة وعسيرة على التخيّل. وهو بكل المعانى يعتبر أكبر الكواكب الصغيرة المعروفة. ومنذ ٤ بلايين سنة، كانت هذه الأشياء من الأمور العادية عما هو عليه الحال حاليًا.

هذا وقد تم تحليل تأثيرات الصدامات الضخمة بمعرفة نورمان سليب **Norman Sleep** وزملائه من جامعة ستانفورد[٦]. فوجد أن جسمًا صادمًا قطره ٥٠٠ كيلومتر، سوف يشق حفرة عرضها ١٥٠٠ كيلومترًا من الحافة للحافة، وعلى الأقل سيصل عمقها إلى ٥٠ كيلومترًا، كما سيتبخر أو يتلاشى حجم هائل من الصخور فى شكل كرة نار عملاقة، سوف تنتشر بسرعة حول الكوكب لتحل محل الغلاف الجوى، منشئة «جهنم» عالمية. وحرارة السطح سوف ترتفع لأكثر من ٣٠٠٠ درجة مئوية، مؤدية إلى غليان كل محيطات الأرض لدرجة الجفاف وإلي إذابة الصخور لعمق كيلومتر تقريبًا، والكثافة الساحقة للصخور المتبخرة وتيار الحرارة المرتفعة، ربما يستغرق ثلاثة شهور حتى يبرد تدريجيًا وببطء، وبالتالى تبدأ فى الإمطار بقطرات من الصخور المنصهرة. كما ستنقضى ألف سنة كاملة حتى تمتلئ المحيطات مرة ثانية، ويعود الكوكب إلى نوع من حالته المعتادة.

ولو أن القليل من مثل هذه الكوارث الثقيلة يكون قد حدث، إلا أنه لا بد وقد وقعت مئات من الوقائع المقارنة لما صنع سمات الملامح القمرية أو الهلالية مثل قارة مار **Mare cotinentale**، وأنها أيضًا أطلقت رذاذًا من الصخور المنصهرة فى الفضاء، منشئةً غطاءً من الدخان الصخرى حول جو الأرض. ويمكن للحرارة المتوهجة تلك والهابطة من السماء، أن تكفى لأن تكون المياه بصقت ٤٠ مترًا من سطوح المحيطات فى حالة غليان، مثيرة نوعًا من انهمار المطر اللافح لعدة عقود.

ومن الواضح أن الاصطدامات الكبيرة سوف تنتج تأثيرًا شاملاً بجدب وعقم سطح الأرض. ونبضات الحرارة اللافحة من أبخرة الصخور سوف تدمر أى عضويات مكشوفة فى وقت وجيز. وإذا انسحقت الأرض على هذا النحو كما يعتقد الفلكيون، وإذا كان السطح العضوى قد تشكل أو تأسس فعلاً منذ ٣,٨ بليون سنة، فلا بد أن الحياة ازدهرت بالكاد فور انقضاء آثار عقم الأرض، وجدبها الناجمين عن الاصطدام. وهذا يفضى بنا إما إلى أن الحياة قد جاءت من الفضاء، وإما أنها ظهرت بسرعة بمجرد أن كانت الظروف المحيطة فى منتصف طريقها للمعقولية. (وبالطبع فى ظروف عينة واحدة فإنه يصعب الثقة فى مثل هذه النتيجة). وفى كل من الأمرين، فإنه يكون مما له معنى أن ثمة إمكانية لأن تظهر الحياة أكثر من مرة واحدة. وعبر هذه الاصطدامات ربما تخلّلتها فترات من الهدوء أو الخمود أعلى منها فى المرتبة أو تفوقها أهمية، ولو بشكل نسبى أو له صلة بالأمر. وعلى أى حال، فإن الوابل الأخير ربما يكون قد ذبل بعد استنفاد قذائفه تدريجيًا، مخلفًا وراءه فجوات من دوام متفاوت بين فترات من الصدامات التى نجحت فى إجداب الأرض. وهذه الفجوات ربما أمدتنا بنوافذ من فرص لقيام الحياة.

ولقد فكر منذ سنوات قليلة كل من كيفن ماهر **Kevin Maher** ودافيد ستيفنسون **David Stevenson** من جامعة كالتيك **Caltech** فى أن يعيدا تعريف ما المقصود بأصل الحياة فى ضوء سيناريوهات الوابل الاصطدامى(٧). حيث عقلنوا المسألة من خلال القول بأن الحياة يمكن القول بأنها بدأت عندما سمح الوقت

بظهور إعادة النسخ الذاتى فى زمن أقل من مراحل جدب الأرض بسبب الصدام. فإذا ما قلنا مثلاً إن الأمر استغرق عشرة ملايين سنة لصنع الحياة من «الحساء» البدائى فإن الوابل لا بد لأن يحتاج ١٠ ملايين من السنين من نوافذ فرص بداية الحياة. وقد تساءل ماهر وستيفنسون حينئذ إلى أى مدى يمكن أن تذهب إلى الوراء فى عصر الوابل الصدامى ثم تظل متوقعًا لفجوات من هذا القبيل من الدوام. ثم أجابا بتقدير ٢٠٠ مليون سنة. وهكذا تكون الحياة قد نشأت فى أى وقت بعد اصطدام ما بملايين من السنين، مزدهرة فى الفترات الأكثر هدوءًا، ليتم ضربها مرة أخرى بجدب أرضى يحدثه اصطدام آخر. تمامًا كما حدث لـ سيزيف **Sisyphus** الذى لعنته الآلهة وحكمت عليه برفع حجر ثقيل إلى قمة الجبل ليسقط إلى السطح ويهبط ليرفعه من جديد لتعاد الكرة، وهكذا للأبد. فالحياة بدورها ناضلت المرة تلو المرة لتؤسس نفسها، وفقط، ليتكرر اندفاعها أو إطلاقها من الفضاء.

ومن الغريب أن الحياة لو كانت قد أعيد تشكلها أكثر من مرة، إذ سيكون من الضرورى أن الإنسان لم ينحدر من أول شىء حى. والأكثر من ذلك أننا سنكون من نتاج أى أشكال حية، والتى اتفق أنها ناضلت للبقاء عقب آخر تصادم كبير وفى حالة توقف هذه السلسلة من وابل الصدامات. وهو ما ينشئ نقطة مثيرة للغاية حول الصخور التى عمرها ٣,٨٥ بليون سنة فى «إيسوا» **Isua**. إن تصادمًا مسببًا للقحل والجدب ربما وقع بعد أن تكون الحياة قد نقلتهم، وإذا كان الأمر كذلك فإن العضويات التى خلفت آثارها الرقيقة فى هذه المنطقة الرقيقة، ربما لا تكون سلفًا للحياة التى نعرفها على الإطلاق. وربما تكون خاصة ببيولوجيًا بديلة مبكرة، وسبق أن أزالها أو محاها وابل كونى. وهكذا تكون صخور جرين لاند **Greenland**، مشتملة على دلائل هى بمعنى من المعانى تمثل تشكلاً غريبًا للحياة.

ومما نعرفه عن التاريخ المبكر للنظام الشمسى أن سطح الأرض هو مكان صدفوى للعضويات الحية لمدة لا تقل عن عدة مئات ملايين السنين. وحتى لو أن

قاع المحيطات قد استطاعت بقليل من الحماية أن تصمد للبراكين الناجمة عن الأجسام الصادمة الكبيرة. فإن نبضات الحرارة بسبب هذه الجوانح أو الزلازل لا بد أنها كانت مُهلكة ومميتة إلى حد أعماق، تصل إلى عشرات أو حتى مئات الأمتار داخل قشرة سطح الأرض ذاتها. أين إذن، يمكن للمرء أن يتوقع التشكلات الباكرة للحياة أن تجد موضعًا على الأرض - إن لم تكن جلة عدن الصعبة التصور؟ أين يوجد الملجأ الذى يمكن أن يحيط أول وحدة بيئية بها كائنات حية تتفاعل مع ما يحيط بها من عناصر ومركبات غير حية، والتى يمكن أن تتحول إلى عدم على إجمالها من جراء الأبخرة الصخرية المتقدة؟ ولا بد أن الإجابة ستنحصر فى: فى مكان ما عميق. مكان ما تحت الأرض، ولكن ماذا على الأرض يمكن أن يحيا هناك؟

الهوامش

(١) عودة الطبيعة "**De Return Natura**" لـ: تيتوس لوكريتيوس كاروس **(trans. Alban Dewes "Titus Lucretius Carus" Winspear, The Harbor Press, 1965, p. 89).**

(٢) سبب هذه النتيجة بسيط. فكتلة مجموع الكربون الأرضى مقسومًا على كتلة الكربون فى جسدك، ولو أنه رقم كبير، ومع ذلك فهو أقل كثيرًا من عدد ذرات الكربون فى جسدك.

(٣) اكتشاف الغبار البين نجمى الداخل إلى مناخ الأرض " **Discovery of Interstellar dust entering the Earth's atmosphere**" لـ: أ.د. تايلور "**A.D. Taylor**" ودبليو.ج. باجالى "**W.J. Baggaley**" و د. آى ستيل "**D.I. Steel**"،.

(Nature, 380, 323 (1996)).

(٤) اقتباس من الأصول الفلكية والبيوكيميائية والبحث عن الحياة فى الكون. " **Astronomical and Biochemical Origins and the Search for Life in the Universe**" والذى أشرف على تحريره كل من: س.ب. كوزموفيكى "**C.B. Cosmovici**" و س. بوير "**S. Boyer**" و د. ورثايمر "**D. Werthimer**". **(Editrice Compositori, Bologna 1997)**. ولمراجعة شاملة عن دور المذنبات انظر: المذنبات وأصل وتطور الحياة "**Comets and the Origin and Evolution of Life**" الذى نشره كل من بول توماس "**Paul Thomas**" وكريستوفر شيبا " **Christopher Chyba**" وكريستوفر ماك كاى "**Christopher Mackay**" **(Springer- Verlag, New York 1997)**.

(٥) نظرية الأرض "**Theory of the Earth**" لـ: جيمس هتون "**James Hutton**"

(Royal Society of Edinburgh, Edinburgh, 1788, p. 304).

(٦) إفنــاء الــنظم البيئيــة بواســطة اصــطدامات كويكــب كبيــر مــع الأرض فــى بواكيرهــا **Annihilation of ecosystems by large asteroid impacts on the early "Earth"** لـ: نورمـان سـليب **"Norman Sleep"** وكـيفن زانـل **"Kevin Zahnle"** وجـيمس كاسـتنج **James Kasting** وهارولـد مـورروتيز **"Harold Morowite"**. (**Nature 342, 139 (1989)**).

(٧) فشل الأدلة على أصـل الحيـاة **"Impact Frustration of the Origin of Life"** لـ: كيفن ماهر **"Kevin Maher"** ودافيد ستيفنسون **"David Stephenson"**. (**Nature 331, 612 (1988)**).

الفصل السابع

الحشرات العظمى

في أواخر عشرينيات القرن الماضي نُكبت العاصمة المصرية «القاهرة» بسلسلة من الأحداث المزعجة، الممثلة في انهيارات استنزافية. وكشفت التحقيقات التي أُجريت عن أن المواسير الأسمنتية قد تفسخت بعد مدة قصيرة تقدر بسنتين من بقائها تحت الأرض. وبدأ المهندسون المدنيون في القيام بعدة اختبارات لتحديد سبب هذا التخريب. وسرعان ما سرى هذا التفسخ أو التفتت في أماكن أخرى أيضًا. ففي كاليفورنيا وبالتحديد في أورانج كنتري **Orange Country** فإن قناة التصريف البالغة ٢٦ ميلاً طولاً قد تآكلت بشدة، وتم علاجها بالكلور لإيقاف التعفن والتهرؤ اللذين أصاباها. ومثلها في لوس أنجيلوس أصيبت القناة ذات الـ ٥٥ ميلاً طولاً ولم يمنع انهيارها الكامل سوى بمساعدة وسائل التهوية القسرية. وفي كيب تاون **Cape Town** بجنوب أفريقيا ارتبك المهندسون وأصابتهم الحيرة أثناء نضالهم في مكافحة التآكل المتسارع في المواسير النفقية الأسمنتية، والتي تآكل بعضها بمقدار ربع بوصة في السنة. ومن الواضح إذن أن شيئًا غريبًا يحدث تحت الأرض.

وعندما بدأت ذات النوع من المواسير في الانهيار في المدن الكبيرة والصغيرة بأستراليا. فقد انعقد مجلس مدينة ملبورن، وتم إعداد مشروع بحثي تحت إشراف د.س.د. باركر **Dr. C.D. Parker**، والذي تلقى عينات من عدة مواسير مصابة عبر البلاد. وعند هذه المرحلة كان المهندسون متشككين في أن المشكلة متعلقة على نحو ما بمادة كبريتيد الهيدروجين – حيث كانت الرائحة البغيضة المنبثقة تذكرهم برائحة البيض الفاسد – ولكن سرعة وحدة الإصابة بالتآكل كانت مصدرًا للحيرة.

ولم يستغرق الأمر طويلاً قبل أن يكتشف الدكتور باركر ما الذى كان يجرى[1]. لقد كانت النظريات السابقة تركز على نوع ما من التحولات الكيمائية فـــى الأسـمنت، ولكن باركر تبين أن التآكل يرجع فى الحقيقة إلى نوع من الهجوم العضوى. وســرعان ما نجح فى عزل المتهم بهذا الهجوم. نوع من الباكتيريــا الــضئيلة البالغــة الــصغر والشبيهة بالعصى «عصوية الشكل» ولا يزيد طولها على ٢ ميكروميتر.

وهذه العضويات متناهية الصغر كما أنها تعتبر شاذة حيــث تتغــذى علـــى الأسمنت الصلد وتحوله إلى ما يشبه الفتات الصغيرة بعد مجرد أسابيع قليلة. وعلى غير ما تنحو إليه العضويات التى تنمو على غذاء من المــواد العــضوية، بــدت الميكروبات التى اكتشفها باركر متنامية ومزدهرة علـــى نظـــام غـــذائى كبريتـــى المحتوى، والتى تستخلصه من غاز كبريتيد الهيدروجين المنبعث من المــستنقعات والبالوعات والمجارى. وقد رغب باركر فى أن يضعها فى إطار علمى فاختار لها مسمى **Thiobacillus concertivorus** والذى يعنى «العضويات الكبريتيــة آكلـــة الأسمنت».

هذا وقد كشفت الاختبارات المعملية أن هذا النوع ينتج حـــامض الكبريـــت، وأنها هى التى كانت وراء تحطيم أنفاق الصرف الأسمنتيه التحت أرضية. وبالطبع تتوقف هذه الباكتيريا عن النمو ما لم يتم غمرها بحامض الكبريتيك. والمــدهش أن هذا الحامض عندما يكون مركزًا فإنه يقتل أى كائنات أخرى، بل له القــوة علـــى إذابة الحديد العارى من أى عازل. والذى حدث أن حشرات باركر هــذه والمحبــة للحامض كانت معروفة بالفعل علميًا، بل كانت قد اكتشفت منذ سنوات عديدة تحت مسمى «العضويات الكبريتية المتأكسدة كبريتيًـــا» **Thiobacillus thio-oxidan's**. وكواحدة من العضويات متناهية الصغر المعروفة بحبها للحامض والتى على نحـــو موضوعى تتطلب لكى تعيش وسطًا حمضيًا، والتى تكمن فى مواقـــع نفايـــات أو مخزونات خام الفحم والحديد، وبعضها يستطيع أن يتحمل سائلاً يحتوى على **PH**، منخفضًا لدرجة ٢، والذى قد يسبب لك ألمًا واضحًا، لو فكرت أن تغمس يدك فيه.

وليس في مستوى أقل: ذلك النوع الذى يعثر عليه فى أماكن يفترض ألا حياة يمكن أن تقوم فيها، وهى الباكتيريا التى تتخذ شكلاً هلاليًا **halobacterium halobim**، وبالذات فى البحر الميت **Dead Sea** والذى يمثل بحيرة محاطة بالأرض وتبلغ ملوحة مياهه؟؟؟ إنك عند الاستحمام فيه يسهل جدًا أن تجلس فيها عموديًا أو منتصبًا بشكل مستقيم (وقد جربت ذلك شخصيًا فى إحدى المرات)، والمعروف أن زيادة ملوحته ترجع لاحتباسه أرضيًا. والمياه تأتيه من نهر الأردن **River Jordan**، ومن ثم تتبخر مخلفة الملح وراءها، والمساحة حول البحر الميت ذاك جافة وقاحلة ومجدبة، وكثير منها يشبه سطح القمر. وبالرغم من اسمه المانع والموحى فهو ليس مواتًا بالكامل، ويشهد على ذلك اكتشاف تلك الباكتيريا هلالية الشكل. وهو أيضًا ليس فريدًا فى نوعه فيما يتعلق بإمداده لحياة سكان من نوع الحشرات الملحية والتى تعرف جميعًا كمحبى للشكل الهلالى **halophiles**. فثمة البحيرة الملحية الكبرى **the great salt lake** فى أوتاوه **Atah**، وكذا بحيرة ماجادى **Magadi** فى كينيا **Kenya**، يفيضان بدورهما بسكانهما الميكروبية الطابع الخاصين بهما. وهذه الميكروبات الهلالية القابلة للحياة اُكتشفت أيضًا فى المناجم الملحية ومدفونة فى البللورات القديمة.

كما أن ثمة ميكروبات تعرف بأنها يمكن أن تحيا فى ظروف أكثر تطرفًا أيضًا، مثل الثلجيات الكثيفة. وعلى سبيل المثال فقد وجدت مزدهرة ونامية فى المياه المحبوسة تحت مجلدات الثلج بقارة أنتاركتيكا **Antarctica**(*). وبعضها يستطيع تحمل برودة حرارة النيتروجين السائل، وحتى ما هو أبرد منه. كما أن بعضًا آخر من هذه العضويات متناهية الصغر يمكنها أن تعيش بسعادة فى محلول ذى طابع قلوى، وعلى سبيل المثال فإن الميكروبات الريشية الشكل **Plectonema** يمكنها أن تنمو فى محلول قلوى لدرجة أنه يضر الجلد البشرى بشكل جدى. وهناك حتى

(*) وهى قارة غير مأهولة تقع حول القطب الجنوبى. (المترجم).

ميكروبات مثل الحلقيات النزاعة إلى الإشعاع والمتناهية الصغر أيضًا **Micrococcus radiophilus**، والتى تتعايش مع (وفى) جو إشعاعى والذى يمكنه أن يكون مهلكًا لأى كائنات عضوية أخرى، بالطبع، حيث عثر على ميكروبات على مستوى عالٍ من الصحة تسكن مستودعات الأجسام الإشعاعية وقادرة على هضم اليورانيوم والبلاتينيوم وأجسام أو عناصر مشعة غيرها. ولا أى شىء يمكنه أن يضغط عليها أو يعوق نموها وازدهارها. فثمة ميكروبات عادية مثل **E.Coli** يمكن أن تحيا فى عدة أجواء تقدر بعدة مئات من الأجواء المتباينة دون أن يصيبها أى ضرر. وعلى الناحية الأخرى من التطرف، فإن عينات قابلة للحياة قد تم استرجاعها من فوق سطح القمر والتى تحمل اسم **streptococcus mitis** لها شكل متلوٍ وتحملت الوجود فى فراغ كامل لمدة عامين وهى ملتصقة بمرآب كاميرا فى سفينة الفضاء «سيرفيور ٣» **Surveyor III**.

وهذه المصطلحات المثيرة والمستعيدة للذكريات مثل «الحشرات الفائقة» **Super bugs**، والميالة للتطرف **extremophile** كانت قد تم صكها للدلالة على هذه العضويّات الصعبة والبالغة الصغر(٢). وسابقًا كانت هذه الحشرات الفائقة تمثل مجرد الفضول العلمى، وتم تدارسها أساسًا من أجل الاستغلال التجارى. أما مؤخرًا وبعد أن توسعت معارف علماء العضويات متناهية الصغر **microbidogists** فى هذا الشأن، فقد أخذت هذه النوعية من الحشرات مكانة بارزة ذات مغزى. إذ يبدو البعض منها بالغ القدم والبدائية، وثمة إحساس متنام بين العلماء إزاء ذلك بأنها نوع من الحفريات الحية، أو بأنها أقرب الأشياء الحية من أسلافنا الكونيين. وإذا ما كان الأمر كذلك، فإن الظروف الصارمة والقاسية التى تنمو فيها وتزدهر، مهما كانت شديدة التطرف بالنسبة لنا، فإنها ربما تكون إشارة أو دلالة على ما كانت عليه الأرض منذ ٣,٨ بليون سنة مضت.

البعض يفضلونها ساخنة:

«الحياة العضوية تحت الأمواج التى لا شاطئ لها تولدت واحتضنتها الكهوف اللؤلؤية للمحيط».

إريسمس دارون "Erasmus Darwin"(٣).

كانت الحرارة فى الصيف الأخير بأديليد **Adelaide**، حيث أعيش تصل أحيانًا إلى ٤٣° درجة مئوية بما يجعل كثيرًا من الناس يمكثون فى دورهم، والاحتفاظ بشىء من البرودة فى الخارج يعتبر مشكلة رئيسية، لدرجة أن قطتنا المنزلية اعتادت أن تلهث كما يلهث الكلب من شدة الحرارة. إلا أن بعض الحيوانات الصحراوية تستطيع تحمل درجات حرارة أكثر من تلك، ويبدو أن الحد بالنسبة لها حول درجة ٥٠ مئوية. وما يزيد على ذلك من حرارة يجعل النباتات والحيوانات معًا، وكأنها فى قدر يغلى فوق موقد للطبخ. وحيث يؤدى ذلك بالبروتينات لأن تصبح غير قادرة على تأدية وظائفها بشكل صحيح – والمثال الكلاسيكى هو تحول البيضة للون الأبيض وكيف تصبح صلبة القوام بعد غمرها بالماء الساخن المتوسط الحرارة. فإذا ما شىء مثل هذا بدأ فى الحدوث لحيوان حى، فإنه سرعان ما سيموت.

ومنذ عدة عقود اندهش العلماء لاكتشافهم وجود باكتيريا تعيش بارتياح فى درجات حرارة تبلغ ٧٠ درجة مئوية، عثر عليها فى خليط من الأكوام أو فى السَيْلُونَات (الخزّانات) العملاقة أو حتى مياه الخدمة المنزلية الساخنة. ولأسباب واضحة أطلق عليها اسما لأول مرة هو "**thermophiles**"(*) أى مُحبَة الحرارة. وقد كشفت الأبحاث عن أنها تستخدم بروتينات خاصة توازنية ومغطّاة بغشاء خاص

(*) تمامًا كما فى كلمة فلسفة بالإنجليزية philosophy فهى من جزءين الأول منها يعنى "محب" philo والجزء الباقى يعنى "الحكمة" (المترجم).

مصنوع من نوع شمعى مقاوم للحرارة بأكثر من السِمْنَة العادية. ولقد اعتبرت الـ ٧٠° مئوية هى الحد الأعلى الذى يمكن أن تعيش فيه تلك الكائنات، وإلا بدأت الدنا الخاصة بها فى الذوبان. ثم تزايدت الدهشة عندما عثر توماس بروك **Thomas Brock** من جامعة إنديانا **Indiana** عام ١٩٦٩ على بعض منها سميت حشرات المياه الحارة **Thermus aquaticus**، وكانت تعيش فى الينبوع الساخن بالحديقة الوطنية المسماة "**Yellowstone National Park**" وفى درجة حرارة تبلغ ٨٠° مئوية.

ومن الظاهر أن تلك كانت مجرد البداية، ذلك أنه فى أواخر سبعينيات القرن الماضى استطاعت المركبة المسماة ألفن **Alvin**، والقابلة للغطس أسفل سطح الماء، والتابعة لمعهد تصوير المحيط "**Woods Hole Oceangraphic Institute**" أن تصل إلى عمق ٢,٥ كيلومتر تحت سطح الماء، وترصد ما كان مثيرًا للجيولوجيين كمثال أولى لبراكين تحت المياه وفوهاتها المعروفة باسم «المداخن السوداء» "**black smokers**" وهو الاسم الذى جاء من الصخور المعدنية التى تغطى هذه الفوهات البركانية والشبيهة بالمداخن والتى تنبعث منها سوائل ضبابية اللون(*) فى شكل كتلة أو موجة عظيمة تنتشر فى الأنحاء المحيطة بتلك الفتحات البركانية فى المحيط. وبالقرب من هذه المداخن السوداء يمكن لدرجة حرارة المياه هناك، أن تتجاوز 350° درجة مئوية أى ما يزيد على درجة الغليان العادية، وهذا ممكن بسبب ضغط الأعماق الهائل.

ولدهشة العلماء بمركبة ألفن، فقد وجدوا أن المنطقة حول شقوق أو صدوع تلك الفوهات داخل الأمواج الضخمة المتدحرجة والمتلاطمة فى أعماق المحيط تعج بالحياة. إذ تسكن هناك فى أحرج أعماق البحر سرطانات بحر ونباتات متأقلمة وديدان أنبوبية عملاقة. وكانت ثمة باكتيريا

(*) هو لون الجو اللاحق لوقت الفجر مباشرة (الضحى) وهو ضبابى أميل للسواد (المترجم).

من النوع «المحب للحرارة» المألوف، تعيش على الحدود الخارجية المحيطة بالمداخن السوداء. والذى كان ملحوظًا أكثر من أى شىء آخر، أن ثمة ميكروبات غير معروفة، من الآن فصاعدًا، تعيش بالقرب الشديد من المياه المتدفقة الساقعة أو اللافحة التى تصل درجات حرارتها إلى ١١٠°. وقليل من العلماء الذين سبق لهم التصور الجاد بأن أى شكل من الحياة يمكنه أن يناضل أو يقاوم مثل هذه الدرجة من الحرارة.

والعضويات التى يمكنها أن تنمو أسرع تحت درجة حرارة ٨٠° مئوية كانت قد سميت «محبة التطرف الحرارى» **hyper-thermophiles** وذلك من قبل كارل ستيتر **Karl Stetter**، الذى استطاع أن يعزل ويصف كثيرًا من النماذج الباكرة منها. وبُعيد اكتشافها صار واضحًا أنها ليست الاستثناء الوحيد. وللتأريخ فثمة ٢٠ عرقًا أو صنفًا تم وصفها. والمعنى وراء ذلك أن الكثير منها من نوع «الأرشيا» **archaea**. ودرجة الحرارة المسجلة رسميًا كانت لكائن عضوى يسمى «المهتاج حراريًا **pyrnlobus fummarii** والمكتشف بمعرفة ستيتر وزملائه، والذى تشهد تقارير ملاحظته أنه ينمو فى درجة حرارة ١١٣° مئوية. ومع ذلك ادعى(٤) جون باركر **John Parker** من جامعة بريستول **Bristol** شيئًا مدهشًا على نحو ما، بأن لديه أدلة عن استطاعة ميكروبات معينة أن تحيا فى أعماق البحر تحت درجة حرارة ترتفع إلى ١٦٩° مئوية.

والسؤال الرئيسى بشأن الكائنات العضوية فى الأعماق البحرية هو: كيف تعيش فى هذه الأجواء؟ وقد اعتقد البيولوجيون طويلاً بأن كل الحياة فوق سطح الأرض تعتمد فى جملتها على الطاقة المستمدة من الشمس: فالنباتات لا يمكنها أن تنمو من دون الضوء والحيوانات لا بد أن تأكل النباتات (أو بعضها البعض). ومع أنه عند هذا البعد فى عمق البحر يعد مظلمًا شديد السواد(٥) ولا يستطيع ضوء الشمس اختراقه. فهذه لا تمثل مشكلة لسرطانات البحر والديدان لأنها تكنس أو تكسح أمامها الكائنات

الأصغر حجمًا فى قاع البحر. لكن شيئًا لا بد أن يكمن أو يقبع عند قاعدة السلسلة الغذائية. حيث تتصرف الميكروبات كمنتجة أولية تحصل على الطاقة الحيوية التى تحتاج إليها من حرارة «الحساء» الكيميائى، الذى تلفظه براكين الأعماق البحرية.

والعضويات الحية التى لا تتغذى بالمواد العضوية ولكن تصنع كل حياتها أو بيولوجيتها مباشرة معروفة باسم «ذوات التغذية الذاتية» **autotrophs**. وتعتبر النباتات أمثلة نموذجية على ذلك، حيث تستخدم الطاقة الضوئية الشمسية لتحويل عناصر غير عضوية، مثل ثانى أكسيد الكربون والمياه إلى مواد عضوية. وذوات التغذية الذاتية التى تستخدم الطاقة الكيميائية دونا عن الطاقة الضوئية تمت تسميتها «ذوات التغذية الذاتية الكيماوية» **"chemoautotrophs"** أو **"chemotrophs"** على سبيل الاختصار. واكتشافها فعليًا كان بمثابة حدث مهم ومحورى فى تاريخ البيولوجيا. حيث تكمن هنا قاعدة للاستقلالية الكاملة فى سلسلة الحياة. فهى إذن تراتبية أو هيراركية للعضويات الحية يمكنها أن توجد بالتوازى مع عضويات سطح الأرض دون أن يكون مصدرها الأساسى للطاقة هو ضوء الشمس[٦]. ولأول مرة أصبح من الممكن فهم التفاعل البيئى **ecosystems** بعيدًا عن تعقيدات التمثيل الضوئى **photosynthesis**. وبدأ العلماء يلمحون مجالاً بيولوجيًا واسعًا وعريضًا، والذى ظل مخفيًا لبلايين السنين.

الحياة تحت العالم المرئى:

«الحياة الميكروبية يمكنها أن توجد فى المواقع التى تستطيع فيها الميكروبات البقاء».

توماس جولد [٧] Thomas Gold.

فى كتابه المعنون «رحلة إلى مركز الأرض» **Journey to the center of the Earth** روى كاتب الخيال العلمى ذائع الصيت «جول فيرن» **Jules Verne**

قصة بعثة اتجهت لباطن الأرض وكيف اكتشف هؤلاء البحاثون المتسمون بالجرأة والإقدام حياة جديدة كاملة تحت الأرض، محتوية على أشكال غريبة دخيلة لسكان ما تحت الأرض، تحيا فى كهوف. ومن المؤسف أن قصة فيرن تلك قد اصطدمت بالأدلة الجيولوجية فى أيامنا الحالية. حيث يعرف رجال المناجم جيدًا أن الأعماق تعنى الحرارة. فالحرارة يمكنها أن ترتفع ٢٠° مئوية مع كل كيلومتر تذهب فيه لأسفل. وهذا يعنى أن الحياة تكون غير محتملة لمعظم الكائنات الحية فى عمق عدة كيلومترات تحت سطح الأرض. وتستمر درجة الحرارة فى الارتفاع عند قشرة الأرض أو الغلاف الخارجى لها وذلك عبر الغلاف المنصهر المبطن لها وعند القلب أيضًا، والذى تصل فيه الحرارة إلى ٣٠٠٠ درجة مئوية، ومن ثم فإن أى رحلة إلى مركز الأرض تعنى تحويل القائمين بها إلى رماد. ومن ثم فإن حلم فيرن بأن الحياة يمكن أن توجد تحت سطح الأرض، يبدو من الأحلام المثيرة للسخرية. ولقد كان الجيولوجيون ولفترة طويلة، متنبهين إلى أن سطح التربة يحتوى على الباكتيريا وأن كهوف الحجر الجيرى يمكن أن تكون مسكونة بعضويات خاصة متكيفة مع هذه الظروف، وفيما عدا هذه الاستثناءات فقد كان من المعلن والمعروف أن الأرض ميتة فى أعماقها(٨).

كثيرًا ما كان مثل هذا الرأى سائدًا فيما يتعلق بأعماق المحيطات أيضًا. ولقد كان الظن بألاَّ شيئًا يمكن أن يقاوم للبقاء، بعيدًا عن أقصى ما يصل إليه الضوء – ذلك أن السطوح الخارجية للمحيطات تظل مضاءة بنور الشمس. إلا أن اكتشاف المداخن السوداء والنظم الناجمة والمتفاعلة مع البيئة هناك تسبب فى تغيير كل تلك الآراء. فما دامت الحشرات العظمى يمكنها أن تعيش فى مواضع تبعد عدة كيلومترات تحت سطح البحر، فإنها أيضًا يمكن أن تحيا بنفس القدر بعمق عدة كيلومترات من سطح الأرض وكيف لا؟

ويبدو أن أول من جعل الصورة يمكن تعميمها فيما يتصل بتحت الأرض هو العالم الجيولوجى إدسون باستن **Edson Bastin** من شيكاغو، معتقدًا أن الحياة تزدهر تحت سطح الأرض، وبدأ بالتعجب من أن المياه المستخرجة من حقول

الزيت تكون محملة بكبريتيد الهيدروجين، ومن ثم اقترح أن هذا الغاز ربما أنتجته باكتيريا تقوم بكبرتته، وتعيش عميقًا فى مخازن الزيت تحت الأرض. ومع ذلك فقد كان بحاجة لأدلة تساند ادعاءه ذاك، وبالفعل وجد باستن بعضًا مما يدعمه.

وبالإشارة للأنشطة الجيولوجية فى أعماق الأرض فقد كانت تتركز هناك فيما لو أن الجيولوجيين يعرفون بالضبط ما الذى يبحثون عنه. ففى ستينيات القرن الماضى تم اكتشاف مخزونات أو ترسبات معدنية تحت سطح الأرض وبدا كما أن بعض الباكتيريا هى التى قد رسبتها أو قذفت بها إلى مواقعها تلك. إنها ترسبات للحديد، والكبريت، والمنجنيز، والزنك وعناصر أخرى من المعروف أن الباكتيريا تستخدمها، وكانت مركزة بطريقة تدعو للريبة. وبعد قليل اكتشف للويد هاميلتون **Lloyd Hamilton**، الطالب الجامعى بجامعة لندن، شكلاً لأحفورة ميكروبية لا تخطئها العين، كانت كامنة فى عروق حجر نفيس يسمى «جاسبر» **Jasper**(*). مستنتجًا من ذلك أنها بالتالى عبارة عن بقايا نوع من الميكروبات، جعلت لها مسكنًا فى مسام الصخور[٩].

وبالرغم من تراكم الأدلة على الحياة تحت الأرض، فقد ظل الرأى السائد أن تحت سطح الأرض مجدب وعقيم، ولم يتغير بالفعل إلا فى أخريات السبعينيات من القرن العشرين، عندما عمدت الحكومات إلى تمويل أبحاث عن مشكلة التخلص من النفايات أو المخلفات النووية، إذ كانت هذه المواد النشطة إشعاعيًا تدفن فى عمق الطبقات الأرضية، بافتراض أن لا شيئًا كثيرًا قد يحدث لها هناك. ومع ذلك فإن دراسات المياه الجوفية أشارت إلى أن الباكتيريا قد تسكن عند المخزونات التحت أرضية، كما أن عينات الصخور الناجمة عن الدراسات الحفرية كشفت بدورها عن عمليات باكتيرية. وبالتدريج البطىء، انكشف للعلماء أن الباكتيريا لو استطاعت غزو الطبقات الصخرية المائية فى الأعماق، فإنها قد يمكنها أن تصل إلى مقالب

(*) وهو حجر كريم يميل لونه للاخضرار الضارب إلى السواد (المترجم).

النفايات النووية وتفسد مكونات أوانى حفظ تلك النفايات المانعة على نحو ما من آثارها الضارة، بل تسمح بتحريرها من تلك الأوانى فى نهاية الأمر. كما بدأت فى الظهور على سطح صناعة النفط، مشاعر قلقة مشابهة، باعتبار أن الباكتيريا يمكنها أن تخترق خزانات البترول وتفسده أو تتسبب فى حموضته. وحتى فى أواخر ثمانينيات القرن الماضى، عندما أعلن الفلكى الفيزيائى من جامعة كورنيل **Cornell** تومى جولد **Tommy Gold**(١٠) أنه عثر على أدلة تفيد أن ثمة نشاطًا عضويًا فى الجرانيت السويدى **Swidish** الذى يوجد عند ما يقرب من سبعة كيلومترات عمقًا، قوبلت دعواه بالتهكم والسخرية.

ومن ثم كانت المسألة تحتاج لأدلة على وجود عضويات حية بالفعل لإقناع المتشككين فى الأمر. والذى حدث أن إدارة الطاقة الأمريكية **the US Department of Energy**، بعثت مجموعة بحثية لإقامة مشروع للحفر فى منطقة نهر السافانا **Savannah River** فى جنوب كارولينا وبدأ الباحثون يعثرون على باكتيريا تستطيع الحياة فى الصخور الناجمة عن الحفر إلى عمق نصف كيلومتر تحت الأرض، بحيث أصبح الأمر واضحًا للعيان(١١). وقد وجه المهندسون فى المشروع عناية فائقة ومدققة لتجنب تلوث العينات بعضويات سطح الأرض، وعندئذ تضاءلت الشكوك حول أن ثمة ميكروبات تسكن بالفعل فى تلك الأعماق. وبعد قليل استطاعت مجموعة كارل ستيتر أن تزرع عضويات مفرطة التحمل للحرارة، مستخلصة من حفر الزيت العمودية وفى عمق بلغ أربعة كيلو مترات.

تلك العينات المعثور عليها والملحوظة تمامًا، قد تأكدت من خلال مشروعات حفريات أخرى فى مختلف مناطق العالم. فعلى عمق ثلاثة كيلومترات من الحفر عموديًا فى الصخور المائية داخل رسوبات ترياسى **tiriassic sediment** بمدينة تايلور **Taylorville** بولاية فرجينيا، تم الكشف على عضويات عصوية الشكل من النوع المفرط فى تحمله للحرارة، متضمنة ذلك النوع المتخيل والمسمى «العصوى الشكل **bacillus infernos**، والذى يتحمل الحرارة الفائقة». أما

ميكروبات المياه الضحلة القليلة العمق تميل لأن تتواجد بشكل وسطى أو بينى mesophiles أى أنها تنمو فى درجات الحرارة العالية ولكن ليست الفائقة الحرارة التى قد تسفعها وتشويها. فقط على مبعدة تزيد على كيلومترين تحت سطح الأرض فإن العضويات الميالة أو المحبة للحرارة thermophiles هى التى تسود. وقدر علماء المشروع أن موقع تايلورفيل ذاك يعج بميكروبات عاشت على الأقل من ١٤٠ مليون سنة(١١).(*). وهناك بعض المواقع مثل المنجم «المقلّم» المسمى هاردروك ستريا Stripa hard-rok فى السويد، يعتبر محتلا بحفنة من الأنواع، بينما تعج الرسوبيات الشاطئية بميناء جنوب كارولينا بمئات من الأنواع المختلفة، وعلى الجملة فإن الحاصل النهائى للميكروبات القاطنة بباطن الأرض، عادة ما يصل تنوعها إلى آلاف الأنواع. كما وصلت عينات قلب الأرض إلى أنها حَمَلت حوالى المليون من الباكتيريا فى الجرام الواحد. ولعله إذن الوقت الذى ننظر فيه إلى الصخور تحت أقدامنا، كما لو أنها محتشدة بأشكال ضئيلة أو نحيلة من الحياة.

وهكذا بعد أن غُمرنا بالمعلومات عن وجود تلك الحشرات العظمى التحت أرضية، بدأ العلماء يتدافعون لإعادة تحرير الكتب المدرسية. وكل أنواع الغرائبيات الجيولوجية، أصبحت وراءها أنشطة لتلك الميكروبات غير العادية. وعلى سبيل المثال فإن الباكتيريا التى تفرز أحماضًا acid-secreting bacteria يمكنها أن تحفر الصخور الصلبة مثل الكوارتز بحفر مَساميّة خَفيّة تقوم بدور الحت والتآكل فيها. وربما يحدث مثل هذا فى أعماق الأرض أيضًا؟ هذا ولأن شبكة العمليات التى يستغرقها استخراج الزيت من الصخور الرسوبية تصل إلى مدى بعيد، ربما ترجع فى أصولها لتلك العضويات الصغيرة المشغولة دومًا بالحفر. وإذا ما كان الأمر كذلك، فإن هذا يفتح الباب للربحية القائمة على حث استخدام الحشرات العظمى فى تسريع عملية استخراج الزيت(١٢).

(*) هذا الرقم مكرر فى الكتاب الأصلى وبمراجعته مع ملحق التذييلات فى الكتاب تبين أنه موضوع للكتاب المشار إليه بالتذييل، والذى يبحث فى أصول الباكتيريا (المترجم).

ويستهدف متتبعو الباكتيريا إلى مَرْمَى آخر يبحثون فيه عنهـا وذلـك فـى تحركات المياه الجوفية. فقد استطاع فرانـسيس شـابل **Francis Chapelle** مـن الإدارة الأمـريكية للبحـث الجـيولوجى **US Geological Survey** فى كولومبيـا بكارولينا الشمالية أن يدرس الطبقات الصخرية المغمورة بالمياه العميقة، ووجد أن الباكتيريا المسببة لتحلل الحديد **Iron-dissolving** يمكنها أن تنشئ حفـرًا مـسامية وتدفع أو تنشر تدفقًا للمياه، بينما الباكتيريا المنتجة للكبريت **sulphide-producing** تؤدى إلى ترسيب الحديد مرة أخرى، مُغلقة بذلك تلك الحفر المسامية، وشبّه بـذلك تلك الميكروبات بالحروف الصغيرة، التى تقـوم بـدور حفظـة المغـاليق **lock-keepers**، بحيث تسمح بالتدفق أو تمنعه وفقًا لمتطلباتها[١٣].

وبدأت صورة مشابهة أخرى فى الظهور فى الاستقصاءات البحريـة. فـلا تعيش هذه الميكروبات فوق أو بالقرب من قاع البحر فحسب، ولكنها تسكن أيـضًا فى طبقات الصخور الرسوبية تحت قاعدة أو قاع المحيط، حيث كـشف البرنـامج الوطنى لحفر المحيط **ocean drilling program** عن علاقات للحياة فيما يزيد على بعد كيلومتر فى القاع. والعينات من عشرة مواقع فى المحيط الأطلنطـى والبحـر الأبيض المتوسط والمحيط الباسيفيكى، تمت دراستها بمعرفة جون باركر وزملائه فى بريستون[١٤] ، ومرة أخرى اتخذت الاحتياطات الدقيقة لتجنـب التلـوث عنـد السطوح. كما وضعت عينات منطقة القلـب فـى أوانٍ معقمـة ومحدبـة وتعـج بالنيتروجين، وتم استخدام منشار للمعادن فى إزالة المنطقة الوسط منها. وقد اتّقدت النهايات المقطوعة إلا أنه تم إحكام الغطاء عليها. كما تم بالفعل تعقيم كـل شـيء تقريبًا فى الموقع تعقيمًا جيدًا. كما خُزّنت مناطق القلب تلـك فـى بيئـة مفعمـة بالأكسجين فى درجة حرارة ٤ ° مئوية حتى يتم تحليلها فى المعمل بعد عدة أسابيع. وقاموا بتقطيع العينات، حتى تصبح بادية للعيان.

وجاءت النتائج مثيرة للغاية. حيث وجد القائمون بالبحـث فـى بريـستول ميكروبات فى كل العينات التى درسوها، حتى عمق ٧٥٠ متـرًا. حيـث كانـت

الميكروبات المنعزلة في قاع البحر أكثر إثمارًا من تلك الموجودة تحت البر (الأرض) وكان باركر مستعدًا مباشرة لحساب القدرة المدهشة لهذه الميكروبات المدفونة على الإخصاب، وذلك بواسطة المجهر حيث وجد تجمعاتها تقدر بما يزيد على بليون ميكروب في السنتميتر المكعب بالقرب من سطوحها وتقترب من عشرة ملايين في عمقها. ومن العجيب أن هناك بعض الأدلة على أن هذه الأعداد تبدأ في التزايد مرة أخرى عند أعماق معينة ومن دون نهاية على الأقل في الموقع نفسه. والأكثر أهمية، فإن ما يقرب من ٥٪ التي تعرضت لعملية القطع، ثبت أنها استعادت الحياة وأنها تقاوم بعد أن تم اقتلاعها من الأعماق. بالطبع لقد بقى بعضها قابلاً للحياة. وكان باركر قادرًا على إعادة زرعها في المعمل باستخدام آنية طبخ بالضغط، معدلة خصيصًا لهذا الغرض.

ومما يتضح من الكشوف الأخيرة أن الحياة تحت الأرض مضلِّلة، مهما بلغ المدى الذي توصلت إليه الكشوف. إذ لا بد أن هناك تحت الأرض عددًا كبيرًا من أنواع الحيوات. لأنه إذا كانت الميكروبات قادرة على التكاثر في مدى نصف كيلومتر أو أكثر تحت الأرض، كما تقترح الأبحاث، فلا بد أن إجمالي عددها يبلغ ١٠/١ إجمالي الحياة على الأرض. وحتى هذا قد يكون تقديرًا غير صحيح، لأن بعض أنواع الميكروبات يعيش سعيدًا في أعماق تزيد على ذلك كثيرًا. وإذا كان أقصى ما تستطيع تحمله هو ١١٥ درجة مئوية، فإن عالم الميكروبات يمكن أن يمتد إلى عمق أربعة كيلومترات تحت الأرض وسبعة كيلومترات تحت أعماق المحيطات. وإذا أمكن تصديق باركر، فإن درجات الحرارة قد تصل إلى ١٧٠ درجة وإن المنطقة السعيدة تلك، يمكن أن تمتد إلى أعماق أكثر.

والسؤال الواضح الذي يمكن أن نطرحه هو، كيف لمثل هذه العضويات الحيّة أن تتواجد في مثل هذه المواقع العميقة في المقام الأول؟ هل اخترقت الصخور من أعلاها وإنسلّت إلى أسفل حتى قاع المحيط؟ أو أنها اُحتبست في طبقات الصخور الرسوبية عند بداية تشكلها؟ ويبدو أن كلا الطريقين قد تمت

متابعتهما إلى حد ما. وعلى كلٍ، فإن هذه التفسيرات استمرت من منطلق افتراض أن الحياة فوق الأرض هى من الأمور العادية، أما الحياة تحت الأرض فهى تمثل نوعًا شاذًا من التأقلم. هل يمكننا أن نكون متأكدين من ذلك؟ هل يمكن لهذا التسبيب أن يكون مقلوبًا على رأسه وأن الحقيقة تكمن فى العكس تمامًا؟

الصعود من «هاديس» Hades(*):

منذ أن برز التسبيب التأملى الداروينى بأن الحياة بدأت فى بعض البرك الصغيرة الدافئة، فإن الحكمة المألوفة أو التقليدية تقتضى أن تكون الحياة ظاهرة فوقانية أى فوق سطح الأرض، إلا أن اكتشاف المجال الحار تحت السطح قد غير هذه النظرة بشكل دراماتيكى. إذ لو أن الحياة يمكنها الازدهار عند هذا العمق تحت سطح الأرض، فربما يكون واجبًا علينا أن ننظر إلى الأسفل فى ما يشبه الاختبار القاسى، حيث تمت صياغة الحياة فى البدء.

وثمة عدة أسباب تدفعنا لأن يبدو موقع ما فى قاع البحر أو فى الصخور الرسوبية تحت هذه القاع، إنه هو بذاته هو أفضل المواقع الطبيعية لأصل وتطور الحياة. ومن أكثر هذه الأسباب وضوحًا هو التصادمات الكونية وما تمثله من تهديد والتى أشرت إليها فى الفصل السابق. باعتبار أن العنف المتكرر لوابل التصادمات الكونية ومقذوفاتها سوف يؤدى، وبشكل فعال، إلى عقم وجدب سطح الأرض وأن تتسبب الصخور المتبخرة فى غليان المحيطات والأرض المنصهرة كذلك، كل ذلك سيكون مهلكًا لأى حياة على مدى عشرات الأمتار فى عمق المياه على الأقل. ولكن فى الأعماق الحقة تستطيع الحياة الميكروبية أن تتحمل أو تقاوم الصدام مهما كان كبيرًا وبعيدًا بدرجة كافية عن نقطة الصفر فى الأرض. وثمة مخاطرة من نوع آخر لساكنى السطح قديمًا وهى الإشعاعات فوق البنفسجية. حيث إن ضوء

(*) وهى مثوى الموتى فى الميثولوجيا الإغريقية، والغالب أنه تحت الأرض أو جهنم. (المترجم).

الشمس قد يكون مميتًا من دون درع. كما أن الثورات البركانية كانت بالفعل أكثر انتشارًا وتوسعًا وشمولاً مما هى عليه الآن، والتى كانت تقذف بقوة كميات هائلة من الغبار من وقتها فصاعدًا. ومن ناحية أخرى فإن التحولات الجوية العائدة للهباء الجوى **aerosols** وتغيرات الضغط الجوى؛ كل ذلك من شأنه أن يجعل الوابل التصادمى ومقذوفاته فى حدها الأقصى أما تحت سطح الأرض، ومهما كانت الظروف، فإن الأمور كانت أكثر استقرارًا ورصانةً.

وثمة ميزة أخرى لمواقع الأعماق، هى أن المواد الخام التى تحتاج إليها الحياة، كانت جاهزة وفى متناول اليد. حتى فى يومنا هذا فإن القشرة الأرضية لم تزل تتعضّد بما يمثل المد الدائم بالهيدروجين والميثان وكبريتيد الهيدروجين وغازات أخرى مختزلة. وتلك هى بالضبط الأنواع التى يحتاج إليها التركيب أو التأليف الكفء للجزيئات الحية **biomolecules**. وقد زعم كل من ميللر وأوراى فى تجربتهما الشهيرة بأن الجو البدائى للأرض، كان مكونًا من تلك الغازات المختزلة، ولكن الآن حيث يفصل الجيولوجيون مزيجًا من ثانى أكسيد الكربون والنيتروجين، فإن نظرية «حساء» السطوح لا تبدو مشجعة كثيرًا. وبالتضاد فى عالم ما تحت السطح، خاصة بالقرب من فوهات البراكين، تمدنا القشرة الأرضية بوفرة حقيقية من تلك الكيماويات المختزلة والمتضمنة لحديدوز الحديد **ferrous iron**، والعناصر الأخرى الإسفنجيّة مثل الكبريت والمنجنيز والمتوافرة بكثرة فى الحمم البركانية. كما أن الطبيعة المسامية المغذِّية لبازلت قاع البحر تساعد في مد الحياة بمتاهة من القنوات والفجوات لتركيز المواد العضوية، وبمساحات واسعة من السطوح التى تحث التفاعلات لكى تأخذ مجراها. وعلى الجملة، فإن كل هذا يؤدى إلى بيئة كيميائية حيوية عالية الإنتاجية، وهو توقع أكدته التجارب. وعلى نحو ظاهرى أو ربما زائف، فإن التربة الحرارية التى تسببت فى زيادة حرارة قشرة المحيط الخارجية قد أنتجت المزيد من العضويات وبأكثر مما جاءت به تجارب ميللر – أوراى.

وتعتبر الطاقة عاملاً آخر يجب أن نأخذه فى الاعتبار وبنفس أهمية المواد الخام. وقام بحسابها إيفريت شوك **Everett Shock** من جامعة واشنجطن بسانت لويس. وكذا كمية الأنطروبيا بالقرب من الفوهات أو الفتحات المتطرفة الحرارة **hydrothermal** فى أعماق البحر. «هناك ديناميكية حرارية **thermodynamic** والتى تؤدى إلى تشكيل تجمعات عضوية، حيث إن مياه البحر والحرارة المتطرفة للسوائل والتى هى بعيدة عن التوازن، تختلط كى تتجه نحو حالة أكثر استقرارًا هكذا شرح شوك(١٥)، حيث وجد أن الطاقة المتاحة تصل إلى حدها الأقصى عند درجات حرارة من ١٠٠ إلى ١٥٠، وهى بالضبط مستوى درجات الحرارة التى تعيش فيها العضويات المحبة للحرارة. وليس فقط فى استطاعة هذه العضويات، أن تبقى مغلقًا عليها بإحكام فى الأوانى الواسعة التى تحفظ فيها الكيماويات والطاقة الحرارية الناجمة عنها، إنما أيضًا يمكنها الحصول على الطاقة عن طريق إنشاء مجمعات عضوية بسيطة. والطاقة المحررة يمكنها إذن أن تدفع بعيدًا أى تفاعل ديناميكى حرارى غير مرغوب لمثل تركيبات أو تآليف البيبتيدات **peptide**. وقد قدر شوك أنه فى حياة نموذجية عند فوهة أو منفذ، فإن الكتلة الهائلة هذه والديناميكا الحرارية يمكن استثمارها فى إنشاء حياة عند الحدود المذهلة لما يساوى ٢,٥ كيلوجرام فى الساعة. وهذا يتضاد مع المعركة أو القتال الدائر فى الحياة على سطح الأرض والخاص بالتمثيل الضوئى، والذى يتطلب آلية معينة للتغلب على مضار الديناميكا الحرارية. وعادة ما يقال إنه: «لا يوجد شيء مثل وجبة مجانية». ويشرح شوك منتهيًا إلى: «أنه لا يوجد مكان على الأرض تتصل فيه الجيولوجيا الكيماوية مع العمليات الحيوية أو البيولوجية مثل الأنظمة المتطرفة حراريًا»(١٦).

ولو أن هذه المناقشات تبدو مقنعة، إلاّ أن الدليل الأكثر تحديًا هو أن الحياة بدأت حارة وفى الأعماق، ولكنها لم تكن نتيجة للكيمياء على الإطلاق، إنما جاءت من أصل وراثى أو أصل له تاريخ. وكما أوضحت فى الفقرة السابقة أن الجينات الباقية من العضويات الحية تحتوى على سجل للماضى، وأن الجزىء الحيوى هو

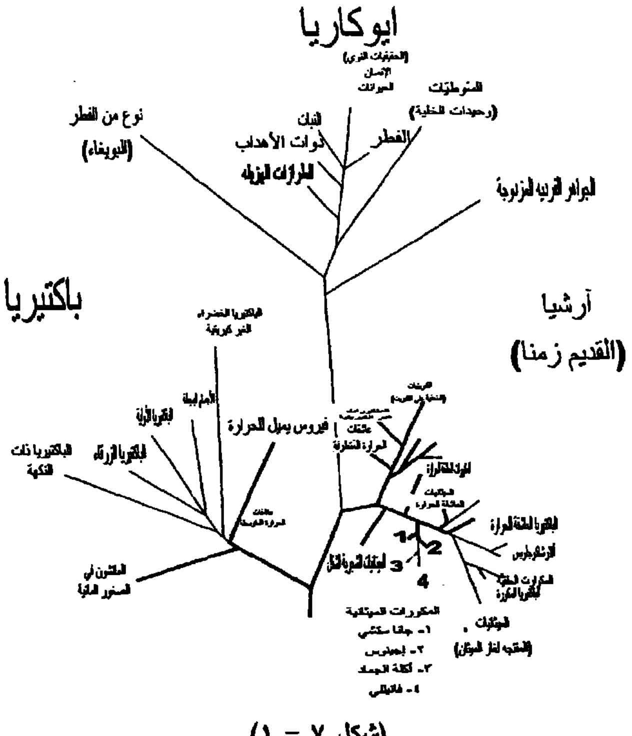
الذى يجب أن ننظر إليه لتعقب أو تبين طبيعة أسلافنا العالميين. كيف كان ما يبدو عليهم وأين عاشوا؟ وفيما يتعلق بتتابعات تقنية الجينات أو المورثات كان من له السبق فى مجالها هو كارل ووز **Karl Woese**، والذى قدمته فى الفصل الثالث، وطريقته فى ذلك يمكن استخدامها لإعادة بناء شجرة الحياة وتحديد المسافات التطورية بين الميكروبات المختلفة. ومن الممكن عبر هذه الدراسات أن نستدل أو نحدس أى مجموعة عضويات، هى التى ظهرت على الإطلاق فى أقل ما يمكن لها عبر الزمن، والتى لذلك تشبه أكثر الحياة الباكرة. وتشير نتائج هذه الدراسات بقوة إلى النوع الذى يسمى «أرشيا» **Archaea**[١٧].

ومن بين أنواع الأرشيا المعروفة، ثمة مجموعات هى من أكثرها كسلاً وبلادة. فيما يتعلق بالتغيرات الوراثية. وهذه تظل فى تطورها ملتصقة بالأوحال، وهى فى حال عظيم من الابتهاج تحت مسمى «حرارى لبعض الوقت» **Pyrodictium** أو «الميّال للحرارة» الأسبق زمنيًا. وقد قام كل من كارل ستيتر وسوزان بارنز **Susan Barns** بدراسة هذه الأرشيا باستخدام تقنية تحليل الرنا **16Sr**، والتى تشير إلى مجموعة متكاملة من الرنا الريبوى **ribosomal** الذى يمكن استخراجه أو استنباطه من الحياة العضوية غير المعروفة فى البرية. والشكل ٧-١ يعتمد على عمل مبكر لووز وزملائه، ويلخص آخر ما وصلوا إليه من نتائج كقطاع لشجرة الحياة[١٨]. والملمح ذو المعنى الذى يثب فورًا من الصفحة لناظريك أن الفروع الأقصر والأولى فى الشجرة تحتلها الميكروبات المحبة للحرارة وأيضًا المتطرفة فى ذلك الميل **hyperthermophiles، thermophiles** وهى الأنواع التى أخذت شكل العناقيد وتخلقت حول الفوهات الحارة تحت المحيط، وسكنت الصخور المغمورة بالمياه تحت السطح، ليلقى بها إلينا التطور مرة أخرى. والرسالة التى لا يمكن أن تخطئها العين من الجينات أو الميكروبات المحبة للحرارة والساكنة للأعماق هى أقرب الأشياء شبهًا لأسلافنا العضويين العالميين.

ربما كان هذا مما يجلب الدهشة. إذ بينما انتقلت طبقة سطح الأرض بشكل هائل عبر العصر الجيولوجى. إلا أن السطح الأعلى للأرض قد تغيّر على نحو أقل. وثمة مواقع مثل الصخور الرسوبية عند قاع البحر والفوهات المتطرفة الحرارة **hydrothermal** تحت البحر والتى من النادر أن تختلف عن نظائرها منذ بلايين السنين التى مضت. وإذا كانت الحياة قد بدأت فى موقع عميق وحار، فربما تكون قد استمرت فى شغلها لتلك المواقع حتى يومنا هذا ومع الظروف المستقرة فإننا قد نتوقع أن التطور قد رابط هناك، وأن سكان تلك المواقع تحت السطح والساخنة، ربما لم تتغير إلا قليلاً عما كان عليه أسلافها القدامى. والميكروبات التى قطنت لهذه الفترة تحت الأرض فى قاع المحيط فى المياه السافعة أو اللافحة، حول الفوهات المتطرفة فى حرارتها، ربما تكون لذلك هى الآثار المتخلفة عن العصور المضطربة العنيفة الاهتياج، والتى كانت الحياة فيها تناضل من أجل تأسيس وإنشاء ذاتها فوق كوكب ملتهب وخطر.

وعند أول اكتشاف لتلك الميكروبات المتطرفة فى ميلها للحرارة، كان الميل هو الانصراف عنها باعتبارها تمثل انحرافًا أو زيغًا وأنها عضويات غريبة وشاذة، غزت على نحو ما مستودعات عالية الحرارة، واضطرت لتحوير نفسها لتتناسب مع الظروف غير العادية تلك. والآن فإن الدليل يشير إلى نتيجة عكسية: أن العضويات الصغيرة الباكرة كانت جميعًا من المتطرفة فى ميلها للحرارة، ومؤخرًا فقط تأقلمت مع الحياة فى درجات حرارة أقل. وفى مواقع معينة تحت سطح الأرض تتشابه ظروفها مع تلك التى كانت منذ وقت طويل مضى. وهناك فى واحد منها عُثر على عضويات لم تزل محافظة على نموذج الحياة البدائية منذ بلايين السنين. وثمة مدخنة سوداء تحت البحر، ربما تكون عَصِيَّة علىّ وعليك، ولكنها ليست كذلك بالنسبة لكائن جهنمى أسبق من حيث الزمن ومحجوب عن الرؤية **Pyrodycticum occultum**، وإنما أشبه بالجنة الحقيقية، فهو مدلل وراض تحت هذا الغطاء الواقى الحرارى فى طابعه الجيولوجى، كانت هذه الحشرات العظمى مثالاً

للحزمة البيولوجية التى تشبثت بمهاد الحياة، بينما كل أبناء عمومتها المحيطين بها والأكثر قدرةً على المغامرة، هى التى تكاثرت وتضاعفت منذئذ وصاعدًا وتعلمت التواؤم مع الحقائق المؤلمة والقاسية للحياة فوق سطح الأرض وبالقريب الأسفل له. وإذا ما كانت هذه النظرية صحيحة، فإن اتجاه هجرة الميكروبات هو لأعلى أكثر منه لأسفل. فالحياة تحت الأرض لم تُدفن، بل كانت هناك منذ البداية. ثم تصاعدت من الأعماق.



(شكل ٧ – ١)

الأحفورات الحية. هذا القطاع من شجرة الحياة يبيّن إلى أى مدى انفصلت الأنواع جينيًا بعيدًا عن بعضها البعض. وأطوال الأفرع تدل على كمية التحريف الجينى. والخطوط الغليظة تشير إلى الميكروبات المتطرفة فى ميلها للحرارة والتى اكتشفها ستيتر ومجموعته. ومن الواضح أن أقل الأنواع التى ظهرت تحتل الأفرع

الأكثر قصرًا وعمقًا فى الشجرة وجميعًا من المتطرفات فى ميلها للحرارة. (أعيد طبعها من تطور الأنظمة البيئية المتطرفة الحرارة على الأرض (والمريخ؟).

Evolution of Hydrothermal Ecosystems on Earth (and Mars ?)

الذى ألفه جريجورى باك **Gregory Back** وجامى جود **Jomie Goode** (ويللى وأبناؤه المتحدة، شيشيستر ١٩٩٦) وبتصريح من مؤسسة الفن الحديث **Novartis**.

والنظرية القائلة بأن الحياة بدأت فى الأعماق الحارة كان أول من ناقشها[١٩] فى عام ١٩٨١ جاك كورليس **Jack Corliss**، من جامعة ماريلاند **Maryland**، وانتشرت بين العلماء بمعرفة تومى جولد عبر بحث متألق يُجرى محاكمة للنظرية[٢٠] وهى بصفة مبدئية قوبلت بعدد من الشكاك المُعتبرين ولكنها سرعان ما اكتسبت شعبية بين العلماء وكثير من الطلاب. كما ساندتها عدة خطوط من الأدلة فى علوم البيولوجيا الجزيئية. وعلى سبيل المثال، فإن الميكروبات المتطرفة حراريًا تهضم الكربون بطريقة غريبة، مستخدمة دورة كيميائية بسيطة وتكاد تكون بدائية، والعضويات المتجذرة أكثر فى شجرة الحياة عن غيرها تستفيد من بروتين قادر على صدّ الحرارة والذى يحميها من التدفقات الحرارية المفاجئة من النوع المتوقع قرب النظم البركانية. هذا البروتين يشتمل على معادن مثل الزنك والموليندمنيوم **molybdenum**[*]. وهى المعادن المعتادة فى التدفقات البركانية. هذا وجاءت المساندة أيضًا من التحليلات المطولة والتفصيلية للعادات الميكروبية المتعلقة بدرجات الحرارة. وكما رأينا فإن نوع الأرشيا يتضمن العديد من الميكروبات المتطرفة حراريًا. أما نوع إيوكاريا والأكثر ظهورًا وتعقيدًا عنها يمكنها أن تحتشد أو تتجمع فى حفنات صغيرة. وما

(*) عنصر معدنى يشبه الكروم فى كثير من خصائصه، ويستخدم فى تقسية الفولاذ (المترجم).

دام الأمر يتعلق بالباكتيريا، فإنهــا تتـضمن المتطــرف حراريًــا والميــال فقــط (دون تطرف) للحرارة، والكثير منهــا مــن النــوع الوســط بينهمــا. وبتنــاول الأمر على بعضه أو بشكل جمعى، فإن تعــداد الباكتيريــا يقتــرح لنــا أن نــوع الإيوكاريا منها كان دائمًا وبصفة مبدئية مــن بــين الكائنــات البــاردة، والقليــل منها هو الذى استطاع أن يتأقلم مع الظــروف الحــارة، وبينمــا نــوع الأرشــيا والباكتيريا قد فضلّتا الحرارة، حيث إن البعض منها ظهــر فـــى مــستويات أقــل من مقياس الحرارة ذاك.

والجينات التى ترجع لنوع الأرشيا تشير بشكل جبرى إلى أنها بقايا قديمــة من الأعماق السافعة أو اللافحة. وإذا كان هذا صحيحًا فإن هذه الميكروبات سوف تمدنا بلقطات عن كيف كانت عليه الحياة والأرض ذاتها فى الماضى البعيد. أو أن تقلب المناقشة رأسًا على عقب: إذا كان أسلوب حياة الميكروبات من نوع الأرشــيا يتواءم مع ما نعرفه عن الحياة فى الماضى، فإنها تدعم أو تساند النظرية القائلة بأن تلك العضويات تمثل نوعًا من الكبسولات المنمنمة الطابع للزمن.

دعهم يأكلون الصخور:

مهما كان تقويمنا لمخاوفنا عن تعرض الأنــواع للخطــر أو فقــد التنــوع البيولوجى، فإن الحياة ككل تمتلك شبكة قضبان متصالبة ومحكمة تجرى عليها فى هذا الكوكب. وعبر الأزمنة المطردة الطول، فقد تم إثــراء الأرض بالعــضويات الحية وأقلمتها مع متطلبات البيولوجيا، وحتى عند وقوع اصطدام كبير لكويكب مع الأرض فإنه بينما ينشئ حالة من الدمار يقضى فيها على أنواع عديدة فى ضــربة واحدة، فإنه فى الوقت نفسه لا يمحى المجال البيئى ككل، فمنذ ٣,٥ بليون سنة على الأقل وحتى الآن، والحياة على الأرض تتمتع بتنوع قوى ونشط، بحيث يضمن أنه سيستمر فى البقاء بشكل ما، ليست كل الأنواع ولكن فى حدود أقسى وأشد النكبات.

ولكن الوضع قبل ٣,٨ بليون سنة مضت كان مختلفًا كليةً. وعليه فإن قدر أى نظام ميكروبى فى النضال من أجل الحصول على موطئ قدم، لا بد تمامًا من وضعه فى الميزان. وقبل إمكانهم التنوع لتقديم حماية ضد غير المتوقع من الظروف فقد كان عليهم أن يتجاوزوا كثيرًا من المخاطر إلى جانب مخاطر اصطدام الكويكبات العملاقة. ومن بين أكثر ما واجهته هذه الميكروبات صعوبة، هو أزمة الغذاء، وبشكل أوضح: أزمة الطاقة. لأنه من دون وفرة التنوع الموجود فى الحياة، فلن يكون هناك شيء عضوى تتغذى به، ومن ثم فقد كان عليها أن تبحث عن مصدر آخر للغذاء. وقد كان ثمة اثنان من المصادر الممكنة: ضوء الشمس، والكيماويات، وباعتبار أن التمثيل الضوئى يعتبر من العمليات المعقدة، فقد كان الانتحاء الكيماوى **chemotrophy**، يبدو النظام الأمثل.

وإذا نقبنا فى التاريخ يمكننا أن نتبين أول مفتاح للحشرات الكيماوية من دراسة قام بها ميكروبولوجى روسى يدعى سيرجى وينوجرادسكى **Sergei Winogradsky** فى الثمانينيات من القرن الماضى حول الباكتيريا المتدلية فى شكل شرائح **thamentary**، والتى تكمن فى العيون الكبريتية، **sulphurous springs**، إذ وَجَد أن النوع المعروف باسم **Biggiatoa** (الفضفاض أو المتدلى كالكيس) يأكل الكبريت. وبالفعل، فإن هذا يحدث نتيجة لليأس. وينوجرادسكى كان مستعدا لتصنيفها أو وضعها ضمن بيئة معينة مستحدثًا وسيطًا من كبريتيد الهيدروجين الذى يذوب فى الماء. وبالرغم من أنه يعتبر سُمًّا قاتلاً لمعظم العضويات الحية، فمن الواضح أن هذا المستحضر كان تأييدًا لما قيل عن اختيارات هذا النوع من المتدليات والكبريت الخام كان أيضًا مقبولاً ولكن كغذاء فى أوقات المجاعة.

اكتشاف وينوجرادسكى مَثّل نوعًا من الإلهام، لأنه حتى ذلك الحين كان البيولوجيون يفترضون أن كل العضويات الحية إما أنها تقضم قطعًا من عضويات أخرى، أو تحصل على الطاقة اللازمة لها من خلال التمثيل الضوئى. وهنا مع هذا

الكشف فثمة ميكروب يتعيش بسعادة على نظام غذائى يعتمد على كبريتيد الهيدروجين، أو الكبريت الخام، مع أن كليهما عضويات كيماوية بالكامل. وكان وينوجرادسكى هو الذى صك مصطلح أو الاسم الدال على ذاتية الغذاء **autotrophs**، وهى تلك التى تحصل على الطاقة من مصادر غير عضوية. ومن السخرية بمكان أن الأمر صار إلى أن هذه البيجياتو (جنس المتدليات)، ليست بالضبط ذاتية الغذاء، ولكن وينوجرادسكى كان على الطريق الصحيح، ومنذئذ فقد تم اكتشاف العديد من أجناس الميكروبات الكيماوية. وكان أكثرها تميزًا هى الميكروبات العضوية الشكل الكبريتية والمؤكسدة **thiobacillus thio-oxidans** وهى الباكتيريا التى تسرف فى شربها للكبريت، وتهاجم البلاعات والمجارير.

ولقد صنعت هذه الباكتيريا الكيماوية بيئتها الحيوية من ثانى أكسيد الكربون، والذى هو دائمًا من المتاح على الأرض، كما أنه من الغازات التى تذوب أو تنحل فى الماء. ويمكن لتفاعلات كيميائية متنوعة أن تمدنا بالطاقة. واحدًا من هذه: أكسيد الكبريت أو كبريتيد الهيدروجين، وهو الشىء المألوف للباكتيريا ساكنة السطوح، والتى تتعامل مع الأكسجين من الهواء. ومن الأكثر إثارة لنا هنا هو النوع من الباكتيريا الكاره للأكسجين **anaerobes** (المتعضى اللا هوائى) وذلك بسبب أن الأكسجين المتاح حاليًا كان غائبًا عن الأرض الباكرة. وعبر الخمسين سنة أو نحوها منذ تم التعرف على أنواع من الميكروبات المفرطة الميل للحرارة، فإن العضويات التى تبلغ أقصى المدى فى نموها مع هذا القدر من الحرارة، كانت تضم النوع الميال للحرارة أحيانًا **Pyrodictium**، وكذا تلك التى تتأرجح ميولها ما بين الحرارة والبرودة **Pyrobaculum**، كلاهما لم يتعامل مع الأكسجين على الإطلاق، وهو ما يتلاءم مع النظرية القائلة بأن محبى الحرارة من نوع أرشيا عبارة عن أحافير حية من عصور بعيدة زمنيًا وتتسم بوجود الأكسجين المجانى. وهذه الحشرات العظمى تحصل على الطاقة بدمج الهيدروجين مع الكبريت لصنع كبريتيد الهيدروجين.

يتناثر الكبريت كثيرًا بين الجزيئات العضوية، ربما هو الأصغر كنسبة بين العناصر، ولكنه عنصر كيماوى مهم للحياة الباقية، والباكتيريا التى تهضم الكبريت وتقوم بتمثيله غذائيًا تشتمل على بعض من أقدم المتطرفات منها فى ميلها للحرارة. وهذا يشير إلى مفتاح حاكم فى أهمية الكبريت لتشكل الحياة والاسم القديم للكبريت هو حجر الكلس **brimstone**، وهو المعادل أو المكافئ للكبريت. وهو عنصر شيطانى أو جهنمى يتشارك مع البراكين المتقدة ومع الجحيم. ولقد كان عاملاً مهمًا على الأرض البدائية، خاصة فى شكل كبريتيد الهيدروجين، والمكان المركزى للكبريت فى قصة أصل الحياة أمر يدعو للسخرية، ليس فقط لأنه ليس جنة عدن، بل أقرب شبهًا لجحيم «هاديس»، وإنما يمكن أن يكون الأمر أن الحياة أُنشئت من معدن الكبريت.

والحديد يعتبر بدوره عاملاً مهمًا للحياة، وهو دائمًا ما يوجد مندمجًا مع الكبريت مثل معدن الـ «بيريت» **Pyrite**(*)، والذى يعرف شعبيًا على أنه نوع من الذهب الخادع. وكان المقترح أن هذا المعدن الحادث الرئيسى لعملية النشوء الإحيائى، وذلك بواسطة كيميائى ألمانى يدعى جونتر ڤاشْتَروزَر[٢١] **Counter Wächteräuser**. وبينما كبريتيد الحديد يصنع غشاءً بدوره، مشكلاً موقعًا لنظرية مايك رسل **Mike Russell** عن أصل الحياة، والتى عرضتها فى الفصل الخامس. ولا يزال معدن الـ «بيريت» يمثل مصدرًا لغذاء الباكتيريا ذات الانتحاء الكيماوى (التى تتجه فى نموها إلى عناصر كيماوية. «المترجم») من نوع: العصوية الشكل الميالة لأكسيد الحديد **Thiobacillus ferro-oxidans**، والتى تحصل على طاقتها من محتوى أكسيد الحديد وأكسيد الكبريت المندمجين. وبالمناسبة، فإن مهندسى المناجم يعيرون كثيرًا من اهتمامهم لأنشطة هذه العضويات الدائمة الانشغال. يتم إنتاج الحديد المحتوى على ما هو حديدى حقًا كمنتج مهدور أو ضائع باعتباره يحرر المزيد من الحديد والكبريت من معدن البيريت، ومنشئًا لدورة تفاعلات كيماوية

(*) سبيكة صفراء اللون مكونة من الكبريت والحديد. (المترجم).

متسارعة. وتوجد كميات كبيرة من معدن البيريت فى الأوحال والقانورات وفى المناجم وفى عروق الفحم. هذا الأمر قد يؤدى إلى تآكل الآلات أو يتسبب فى مشكلة تلوث حقيقية تعرف باسم «الصرف الحمضى للمناجم» **ocid mine drainage**، كما أن هذه العضويات العصوية التى تتغذى على أكسيد الحديد، يمكنها أيضًا أن تهضم كبريتات معادن أخرى مثل النحاس **copper** والقصدير **tin** وحتى اليورانيوم **Uranium**، الذى يستغل تجاريًا فى تنقية المعادن. وثمة آكل آخر للحديد من الباكتيريا الكيماوية والمعروف باسم، جاليونيلا **Gallionella**، والذى يقطن مجارى الأنهار الغنية بالحديد، والذى يحيل أملاح الحديدوز السائلة أو المتحللة فى الماء إلى الحالة الحديدية غير القابلة للحل. مؤديًا إلى تلوين المياه بلون الصدأ، وهى حالة مميزة يستطيع الكثيرون ملاحظتها. وهكذا، فإن الحديد والكبريت ربما كانا معًا يمثلان القابلات الرئيسية التى ولّدت الحياة فى قشرة الأرض، ومازالا يقدمان قطوفًا دانية لحياة المتعضيات الميكروبية. وفى المرة القادمة، حينما ترى مجرى مائيًا ملونًا بلون الصدأ فلتتأمله جيدًا، إذ إنك تشاهد عملية لها علاقة مباشرة بأصل الحياة.

وهناك طرق عديدة تقوم بها الميكروبات. فهذا النوع اللافت للنظر المسمى أرشيا ينقسم من الناحية الطبيعية إلى ثلاث مجموعات: محبو الحرارة ومحبو الشكل الهلالى **halophiles**، (محبو الملح **salt-lovers**) وصانعة الميثان **methanogens**. وهذه الأخيرة تحصل على الطاقة بصنع الميثان وهى واحدة من أشكال التمثيل الغذائى الأساسية، والتى لم تزل منتشرة تمامًا فى عالم الميكروبات. ولو أنت كيميائى بارع فإنه يمكنك أن تحصل على غاز الميثان مباشرة من الهيدروجين وثانى أكسيد الكربون. وهو ما تفعله ميكروبات الميثانوثيرمس **Methanothermus**، وهى ميكروبات عصوية الشكل تسكن الينابيع الحارة فى أيسلندا. ومؤخرًا تعثر تود ستيفنز **Todd Stevens** وجيم ماكنلى **Jim Mckinley**، من معامل الشمال الغربى الباسيفيكى فى ريتشلاند **Richland** بواشنطن فى ميكروبات تفعل مثل ذلك تحت الأرض أثناء مشروع للحفر فى

منطقة نهر كولومبيا[٢٢]. وقد تنبها لوجود هذه الميكروبات تحت الأرض عقب انفجار وقع أثناء حفر فى طبقة عميقة من طبقات البازلت. وبمواصلة البحث وجد ستيفنز وزملاؤه أن الصخور العميقة كانت تنفث هيدروجينًا. وهذا الغاز ذو مستوى عالى الانفجار فى الهواء. وقد كانت المفاجأة بالنسبة لى أن أعلم بحدوث هذا طبيعيًا فى مكان ما على الأرض فى هذه الأيام. ومن الواضح أن عمليات كيماوية متنوعة سوف تُنتجه مثل انسكاب الماء على السيلكا[*] الغنية بالحديد **iron-rich silicate**[٢٣]. ومن المدهش أن ثمة أماكن معينة فى عُمان وكاليفورنيا واليابان يتم فيها تركّز عالٍ من الهيدروجين المتسرب من باطن الأرض إلى سطحها.

يمثل غاز الهيدروجين مصدرًا مُرحبًا به للطاقة بالنسبة لنوع الميكروبات صانعة الميثان **methanagens**، حيث تقوم بدمجه مع ثانى أكسيد الكربون الذائب، ومن ثم يصنعون بيئة حيوية حيثما تواجدوا. وبفعلهم ذلك ربما يشكلون أقدم شكل للتمثيل الغذائى. وهذه ليست إلا أمثلة على الميكروبات ذات الانتحاء الكيميائى والتى تستقل بالفعل عن حياة السطح، ولا تعتمد، ولو حتى بطريقة غير مباشرة على منتجات التمثيل الضوئى. وبهذه الطريقة يمكنها توفير الغذاء وسلسلة الحياة القادرة على الازدهار والنماء فى الظلمة المطلقة وفى الأعماق تحت سطح الأرض. وهذا الأمر ليس من قبيل الحدس أو التفكير أو الذى لا أساس له. لأن ستيفنز وماكنلى أرادا أن يُصنّفا هذه الباكتيريا من خلال الحفر التى يعيشون فيها، حيث وُجِد البعض منها يعيش متطفلاً على مواد عضوية ينتجها آخرون بشكل مبدئى **adinito**. ولقد اعتقد العلماء أن خليطًا معقدًا من البيئيات يسكنون فى بازلت نهر كولومبيا وصاغوا تعبيرًا مكونًا من الحروف الأولى لجملة لها هذه الدلالة: **Subsurface Lilhoautotrophic Microbial Ecosystem= SLIME**، وهى التى تصف تلك الحالة والتى يمكن ترجمتها تقريبيًا إلى (النظم البيئية لتغذية الميكروبات الحجرية التى تعيش فى تجاويف الأحجار تحت سطح الأرض). ويكاد بالتأكيد أن

(*) السليكات هى كل ملح يتم اشتقاقه من الحوامض السيلكية أو السيلكا (المترجم).

هناك أنواعًا أخرى من هذه النوعية من الميكروبات تنتظر اكتشافها في مواقع أخرى عديدة.

هذه الميكروبات تحتل واحدًا من أعمق فروع شجرة حياة الأرشيا، وهذا يعني أنها ضمن أكثر تشكلات الحياة في القدم. وثمة واحد منها يسمى ميثانوبيرس **Methanopyrus** لديه قدرة على النماء في أقصى درجات الحرارة (١١٠°) ويشمل غشاءً كيماويًا مميزًا يشبه سلفه من الغشاء الليبيدي **Lipids**(*) الموجود في معظم أنواع الأرشيا، وهذا، يقترح علينا أن هذا النوع ربما من بين أقدم طراز بدائي للنظم العضوية عُثر عليه حتى الآن.

وتكمن الصعوبة في إعادة بناء الأساس الميكروبي لشجرة الحياة، في أننا ليست لدينا فكرة عن العضويات التي بقيت حتى هذا الوقت دون أن تكتشف، فربما هناك بعض الأنواع الغريبة والنائية من الـ **SLIME**. هذا، والميكروبولوجيون ليس فقط يعثرون على أنواع جديدة طول الوقت، ولكنهم يدلفون بالمصادفة إلى مملكة جديدة كليةً. والحوض البركاني الزجاجي أسود اللون **Obisidian Pool** في الحديقة الوطنية لـ: ييلوستون **Yellowston**، قد أعطتنا مؤخرًا نوعًا غير معروف من الأرشيا يحتل فرعًا عميقًا ومميزًا في الشجرة، يقع بين نوع الإيكاريا والمجموعة الرئيسية من أنواع الأرشيا. وبالتبعية فقد أشارت سوزان بارنز **Susan Barns** ونورمان بيس **Norman Pace** وزملاؤهما إلى وجود مجموعات منفصلة ربما تمثل أكثرها قدمًا في المملكة الميكروبية المعروفة.

وبالطبع فإن أي نوع من العضويات باق حتى الآن سوف يكون بالضبط علامة على سلفه القديم. إذ ثمة تحولات تطورية يصعب تجنبها عبر هذا التدفق الهائل للزمن. ومع ذلك فعلينا أن نحاول ونخمن أي نوع معروف من الميكروب يمكن أن يشبه سلفنا العالمي. ربما كان المرشح الملائم هو هذا النوع من الميكروبات

(*) الليبيدات هي مركبات عضوية تشمل ضروبًا من الشمع والدهن. (المترجم).

الحرارى أحيانًا **Pyrodictium**، التى تختزل الكبريت. إنها تزدهر وتنمو بقــوة فــى درجة حرارة ١١٠ °، وبالتالى تشير إلى سلف عميق من محبى الحرارة. وهى تعيش فى مستعمرات أو تجمعات تشكل شبكات غريبة من حلقيــات أو مكــورات الــشكل المترابطة بواسطة شرائط أنبوبية مدلاه. ومن الآسر أو الفــاتن أن نتعجــب كيــف لأسلافنا أن يسكنوا هذه الشبكة العنكبوتية البالغة التعقيــد فــى بعــض الكــوَّات أو التجاويف المتقدة الحرارة تحت سطح الأرض، ولبلايين من السنين الماضية.

ويبقى التاريخ:

وبهدف التلخيص: سجل الأنواع أو العرقيات يقترح علينا أن سلفنا العــالمى عاش عميقًا تحت سطح الأرض وفى درجات حرارة تفوق ١٠٠ °، ومن المحتمــل أنه كان يأكل الكبريت. ومع ذلك فمن الواضح أن هذا الكائن الصغير كان بالفعــل نموذجًا متميزًا لشكل من الحياة له سمات معقدة مثل تركيب شفرة البروتين. وكمــا أكدت من قبل، فإن ذلك السلف العالمى ليس هو أول كائن حى. ولا بد أن تاريخًــا طويلاً من التطور هو الذى جعله يستمر. ونحن لا نعرف بالكاد شيئًا عن الظروف التى ربطت بين أول كائن حى وبين ذلك السلف العالمى.

ومن المُغرى أن نتخيل أن الحياة بالفعل بدأت فى جو ساخن أو طبوغرافيــا حرارية **geothermally**، وغنية بالمعادن فى تجاويف تحت السطح، ثم ظهرت فى موطنها الطبيعى كسلف عالمى قبل أن تتناقلها الإشعاعات عبر الكواكب. ومع ذلك نحن لا نعلم إذا ما كان هذا هو الوضع. وربما تكون الحياة فى بيئة مختلفة تمامًــا، ثم قامت بغزو المناطق الحارة تحت سطح الأرض فى تاريخ لاحق. وفى الفــصل السادس ناقشت أعمال نورمان سليب **Norman Sleep** وآخرين والتى اقترحــت أن سطح الأرض قد عانى من عدم التوازن من وقت لآخر، بسبب دخــان الــصخور الناجم عن التصادمات الكونية بالغة العنف. وطبقًا لهذه النظرية المُحبطة والمثبطــة

على السواء، فإن الحياة ظلت تعانى من الضربات العنيفة المتلاحقة التى أبادت أغلبها، ولكن فقط لتظهر مرة أخرى، كما يظهر طائر الفينيق phoenix(*) من بين الرماد. وبينما يتناقص تدريجيًا وابل الضربات فإن سطح الأرض يبقى مسفوعًا باللفحات العنيفة من وقت لآخر ومن ثم يصبح الملاذ الآمن موجودًا فى الطبقات العميقة للصخور، ولأن هذا العمق فى الصخور يمثل بيئة جغرافية حارة، فإنها لا تستطيع أن تصبح بمثابة منزل إلا للميكروبات المتطرفة فى نزوعها للحرارة. وحتى الميكروبات التى تستطيع العيش فيما بين الحرارة والبرودة، فلا بد أنها كانت ستلقى حتفها فى هذه المواقع. ومن ثم لا يدهشنا إذن أن السلف العالمى كان متطرفًا فى نزوعه للحرارة، وتلك كانت هى الكائنات الوحيدة التى تقبع فى مناطقها المريحة، بعيدًا عن حرارة النبضات الناجمة عن التصادمات الكونية. ولا بد أن أى ميكروب على السطح محب للبرودة والتى واصلت بعد محبى الحرارة قد تم شواؤه عبر التصادمات ولا بد أن فروعها المميزة فى شجرة الحياة قد قُطعت فجأة. وإذا كان هذا السيناريو صحيحًا، فإن وضع الميكروب المتطرف فى نزوعه للحرارة بالقرب من قاعدة الحياة لا يشير بالضرورة إلى أن الحياة بدأت فى العمق والحرارة أو الأجواء الحارة. وإنما يعنى أن الحياة قد اختارت درجات حرارة خانقة وكعنق الزجاجة تسببت فيها نيران النيازك. والمؤشر على المراحل الباكرة من الحياة جاء من اكتشاف الباكتيريا ذاتية التغذية التى تستطيع أن تؤلف أو تنشئ بيئة عضوية فى الحُفر أو الجيوب الأرضية، مستخدمة ليس فقط ثانى أكسيد الكربون، وإنما أيضًا باستخدام عناصر معقدة عضويًا مثل الأحماض الخلِّية

(*) هو طائر خرافى زعمت الحضارات القديمة، ومنها الفرعونية والإغريق والصينيون، أنه يُعمِّر لأكثر من خمسة قرون، وسماه الآشوريون «العنقاء»، وأنه يعيش على العطور والعنبر، وعندما يبلغ ذلك العمر يبنى عُشًا له فوق أعلى شجرة مكومًا فيه العنبر والمرو الطيب واللبان، ليلفظ أنفاسه الأخيرة بينها بعد إشعال النيران فى العش ومن بين رماد هذا الطائر يولد طائر عنقاء جديد أكثر قوة وجمالاً، وبمجرد اشتداد عوده يهجر موطن ميلاده، متجهًا إلى «مدينة الشمس»، ليعيش فيها حتى يبلغ نفس العمر، وهلمجرًا، وقد اتخذه القدماء رمزًا لتجدّد الحياة. (المترجم).

acetic acid، والعضويات التى تفعل ذلك تمت تسميتها بالنوع المختلط mixotrophs، وهى إما تستخدم الضوء كمصدر للطاقة مثل حالة الباكتيريا الكبريتية الخضراء، وإما تستخدم تفاعلات كيميائية مثل أكسدة الكبريت أو الهيدروجين. ولو أن سطح الأرض البدائية كان مغطًى بعناصر عضوية واردة مع التصادمات الكونية، فقد كان هذا يعتبر إمدادًا جاهزًا من المواد الخام، بل ربما كان أول ساكن عضوى للسطح من هذا النوع المختلط. وبالطبع، ومن خلال نفس نوعية الحديث، فربما بدأت الحياة فى المذنبات ذاتها، وهى فكرة سوف أعود إليها فى الفصل التاسع.

ولو أننا لا نستطيع أن نحدد أين بدأت الحياة على الإطلاق. فإنه يبدو، وبشكل منتشر، أنه بعد أن توقفت التصادمات أو الوابل من الضربات الناجم عنها فقد ضاقت الأماكن بالحياة فوق أو تحت قاع البحر سواء بالقرب من فوهات البراكين أو داخل الحواف المتطرفة الحرارة. وبعد أن استقر المقام بالحياة فى مثل هذه الأماكن، فقد صار الباب مفتوحًا للتكاثر والتنوع. ولو أن التالى بعد ذلك هو نوع من التخمين بصفة رئيسية، فأنا أعتقد أن القصة التالية سوف تكون على هذا النحو. الميكروبات الباكرة كانت متطرفة فى نزوعها للحرارة، ودرجة الحرارة المناسبة لها كانت بين ١٠٠° إلى ١٥٠°، وسكنت على بعد كيلومتر على الأقل تحت السطح، وربما فوق قاع البحر، ولكن الأقرب للواقع أنها سكنت فى فجوات الصخور القابلة لنفاذ الماء إليها تحت القاع. ولتغمرها المياه المتزايدة الحرارة بشدة والمتخمة بالمعادن، وهناك تغذت بنهم، واستطاعت بمرور الأيام هضم الحديد والكبريت والهيدروجين وأى عناصر جاهزة ومتاحة، مطلقة للطاقة فى دوائر كيمائية بدائية وأيضًا غير كفؤة. لقد كانت نوعًا من آكلة الصخور البسيطة والفجةّ. وهناك لم يلعب أى من الضوء أو الأكسجين دورًا على الإطلاق فى عملية تمثيلهم الغذائى ولا احتاجت حتى لمواد عضوية، لقد عملت مباشرة فيما تحتاج إليه عبر الصخور وعبر ثانى أكسيد الكربون المذاب فى الماء.

لقد وجدت أول مستعمرة عضوية عالمًا كاملاً عند أطراف أصابعها وقدرًا وافرًا من مدد المواد والطاقة. وكان عليها أن تنتشر فتتكاثر بسرعة مدهشة. وكان الانفجار التكاثرى يضمن قدرتها على الغزو السريع لكل تجويف صخرى ممكن. فى عدم وجود مقيمين منافسين، يمكن أن يرثوا الأرض كلها وبسرعة. ومع الانفجار العددى ذاك فإن المستعمرة، سرعان ما تصل إلى حدود طاقتها القصوى على الاستيعاب وبدلاً من أن تواصل الزحف إلى الأسفل، حيث تزيد درجات الحرارة على قدرتها على التحمل، وبمعرفة عدم قدرتها على التكاثر فى المواقع الباردة، فإنه من المتوقع أنها تواصل الانتشار على نحو أفقى عند سلسلة براكين منتصف المحيط، وفيما بعد خلال قاع المحيط البازلتى.

وفى مرحلة ما، ربما قبل ٣,٨ بليون سنة، كانت أول مرحلة تفرع أو تنوع لهذه الميكروبات، وعندما تجد مجموعة من الميكروبات إنها فجأة قد قطعت عن ملاذها الحسن البناء والقادر على مواجهة العواصف، بسبب من ارتفاعات جيولوجية فى قشرة الأرض تنجم عن الزلازل مثلاً أو هياج لأحد البراكين. وعليه تصبح معزولة عن المستعمرة الرئيسية ومدفوعة إلى منطقة أبرد مما كانت فيه، فإن معظم هذه الميكروبات تصبح ساكنة أو هامدة أو ببساطة تكون ميتة. وتقسو أغشيتها إزاء هذه الدرجة المنخفضة من الحرارة حتى تسمح بأن يقوم تمثيلها الغذائى بوظيفته. ومع ذلك فإن الباقى المحظوظ منها، والذى يتصادف أن له أغشية أكثر مرونة، يتمكن من المقاومة للبقاء والتكاثر. بإتمام الانتقال لظروف أكثر برودة، فإن الميكروبات المتبقية تكون قد مهدت الطريق لاستخدام سطح الأرض غير المسكون. وفى غضون ذلك وبالنسبة لسكان المستعمرة الأصلية المرتاحين بموقعهم أو عالمهم التحت أرضى، فإن الحياة استمرت على المنوال نفسه حتى الوقت الحالى.

ويتمثل المفتاح الباكر للتنمية فى التحول من بعض العضويات بين الكيميائيات إلى الضوء كمصدر للطاقة والتى لا بد أن الحياة انتشرت معها على

السطح. وأول هذه الميكروبات ذات التمثيل الضوئى ربما لم تستخدم التركيبات الكلوروفيللية الحديثة (اليخضور: المادة الخضراء فى النبات)، وإنما استخدمت بعض العمليات الأولية البسيطة، حيث لا تزال بعض أنواع الأرشيا فى البحر الميت تستخدم شكلاً يميل للبدائية من التمثيل الضوئى، يقوم على مادة حمراء لها صلة بفيتامين (أ) أو التى تقوم باصطياد ضوء الشمس، وهى بذلك تقدم دليلاً على أن الباكتيريا قد تكتشف طريقًا لاقتلاع الإليكترونات من المعادن، دون أن تدفعها الفوتونات الشمسية، ثم تخزِّن الطاقة لصنع المواد العضوية. وعندما تحسن الوضع فيما بعد، تحررت من اعتمادها على المعادن، واستطاعت أن تستخرج الإليكترونات من المياه المحملة بالأكسجين كنتيجة تبعية. واللاعب الحاسم فى هذه العملية العبقرية هو الكلوروفيل، وهو الجوهر الذى يجعل النباتات خضراء. وبما أن الماء هو الذى أصبح مطلوبًا مع ثانى أكسيد الكربون والضوء، أصبح الباب مفتوحًا لاخضرار الكوكب.

والذى يظل من دون إجابة هو سؤال أين وكيف ظهرت الأنواع الثلاثة: الأرشيا والباكتيريا والإيكاريا؟ والذى يبدو محتملاً أن عملية التقسيم الكبرى فى الحياة من الأرشيا والباكتيريا قد وقعت مثل اختراع التمثيل الضوئى، وربما باكرًا إلى حد ٣,٩ إلى ٤,٠ بلايين سنة ماضية، فى وسط منطقة وابل الضربات الثقيلة. والأدلة تشير إلى أن الأرشيا هى أقدم وأكثر العضويات بدائية، وإلى أن الباكتيريا ظهرت على نحو متأخر ما. وإلى أى مدى يكون مفتاح الأمر عميقًا بين الأرشيا والباكتيريا، إلى الحد أنهما أبدا لم يتنافسا حقيقة، إنهما لا يزالان يحتلان تجويفات أرضية مختلفة منذ عدة بلايين من السنين والتطور. وفى النهاية فإن الصدع الصخرى الذى أفرز نوع الإيكاريا، ربما حدث عندما أصبحت الظروف أبرد على نحو ما. ولسبب ما، ربما لأنها أصبحت معرضة لمخاطر تحديات بيئة أقل استقرارًا، فإن الإيكاريا المتقبلة للحرارة الأقل، ظهرت على مستوى أكثر سرعة. وازدهار الحياة الناجم عن ذلك، وتنوعها إلى أصناف عديدة، والتعقيد الشديد فى

الحياة البيولوجية تبرعمت سريعًا بعيدًا عن الإيكاريا على فروع شجرة الحياة. ومن دون هذه الخطوة الخطيرة والمهمة، فإننا لم نكن نحن أو أى نوع لـــه معنـــى فـــى الحياة ليعيش أو يوجد فوق الأرض الآن والتأمل فيما تعنيه ككل.

الهوامش

(١) تآكل الأسمنت "The Corrosion of Concrete" لــ: س.د. باركر ".C.D. Parker" (Australian Journal of Experimental Biology and Medical Science 23, 81 and 91 (1945)). وللمراجعة العامة بشأن الحشرات العملاقة، انظر الميكروبات الميَّالة للإفراط فى الحجم " لــ: ميشيل ماديجان "Michael Madigan" وبــارى مــارس "Barry Marrs' (Scientific American 276, No. 4, 66 (1997) والبحــوث الخارجية عن الحياة "The Outer Reaches of Life" لــ: جــون بوســتجيت " John Postgate". (Cambridge University Press, Cambrdige 1996).

(٢) للمراجعة الحديثة بشأن الحشرات الميَّالة للإفراط فى الحجم انظر: الحياة فــى البيئــات ذات الطابع المتطرف "Life in Extreme Environments" لــ: لين روتســشيلد " Lgnn Rothschild" وروكــو مانــسنيللى "Rocco Mancinelli». (Nature 409, 22 February 2001, 1092).

(٣) معبــد الطبيعــة "The Temple of Nature" لـــــ: إراســموس داروين " Erasmus Darwin».

(J. Johnson, London 1973).

(٤) انظر: تطور النظم البيئية المتطرفة الحرارة فى الأرض (وعلى المريخ؟) والذى أشرف على تحريره جريجورى بوك 'Gregory Bock' وجامى جود "Jamie Goode". (Wiley, New York 1996, p. 37).

(٥) قد لا تكون فعليا حالكة الظلام تمامًا، إذ ربما يكون هناك توهج غريب أو خفى حول الفتحات يرجع إلى عمليات غير مفهومة، وبعض العلماء حدسوا أن التمثيل الضوئى ربما بدأ هنــاك

عند الضوء التحت بحرى الخافت أكثر من بدنه فى ضوء الشمس. انظر: الضوء فى أعماق البحـــر **'The Light at the bottom of the sea'** لـــــ: روث فلاناجـــان **" Ruth Flanagan".** **(New Scientist, 13 December 1997, p. 42)**

(٦) تعتمد معظم العضويات التى تحيا بالقرب من المداخن السوداء على ضوء الشمس بشكل غير مباشر، إما باستخدام الأكسجين الذائب (منتج ثانوى لعملية التركيـــب الـــضوئى) أو بالتهـــام الفضلات العضوية التى تنحدر إليها من السطح. ومنذ ثلاثين سنة مضت كتـــب البيولـــوجى جورج والد **'George Wald'**: «ربما يعد من قبيل الاختبار الذكى والمثير، عندما تتخيـــل الطرق التى تسلكها الحياة للظهور وأن الظهور سوف يحافظ على ذاته وذلك فـــوق كوكـــب مظلم، ولكننى أشك فى أن هذا قد حدث على الإطلاق، أو أنه حدث» انظر: الحياة والضوء **"Life and Light'". (Scientific American, 201, No. 4, 92 (1959))** ومع ذلك كان والد مخطئًا فى مقولته. فقد تم التعرف على الحشرات المعتمدة على المصادر الكيماوية **Chemotrophs** والمستقلة تمامًا عن حياة السطح.

(٧) المجال الحيوى العميـــق والحـــار **'The deep hot biosphere'** لـــــ: ت. جولـــد **" T. Gold».**

(Proceedings of National Academy of Science USA 89, 6045 (1992)).

(٨) فى العام ١٩٥٥ اكتشف البيولوجيون البحريون باكتيريا فى رسوبيات قاع الباسفيك (المحيط الهادئ). واعتمادًا على تحاليلهم أعلنوا بثقة نظرية متحذلقة بأن مجال العمق ينتهى بالتحديـــد بعد ٧,٤٧ متر تحت البحر! انظر: وجود الباكتيريا فى الرسوبيات الأوقيانوســـية التـــى تـــم جمعها خلالها مهمة وسط المحيط الهـــادئ **" Occurrence of Bacteria in Pelagic Sidiments collected during the Mid-Pacific Expedition"** لـــــ: ل.واى. موريتا **"R.Y. Morita"** و س.إيي. زوبل **"C.E. Zobell».**

(Deep-Sea Research 3, 26-73 (1955)).

(٩) أوجه النشأة المعدنية والنظم العضوية الميكروبية فى منطقة البحر الأحمر بالمملكة العربيـــة

Aspects of metallogenesis and Microorganism in the Red Sea " السعودية
"Rigion of Saudi Arabia

لـــ: للويد هاميلتون "Lloyed Hamilton'. (PhD Thesis, University of London (1973)) د. أو. إى تسعى لأصل باكتيريا الأعمـــاق " D.O.E. Seeks Origin of deep "Subsurface bacteria لـــ: ح.ب. مـــاك كنيلـــى "J.P. McKinely" وآخـــر ,EOS) Trans. Am. Geophys. Union 75, 385, 1994).

(١٠) انظر التذييل رقم ٧.

(١١) د. أو. إى تـــسعى لأصـــل باكتيريـــا الأعمـــاق D.O.E. Seeks orgin of deep subsurface bacteria لـــ: جى. ب. ماك كينلى J.P. McKinley وآخـــر ,EOS) trans Am. Geophys 75, 385 (1994)).

(١٢) فكرة استغلال الميكروبات للمساعدة فى استخراج الزيت (البترول الخام) نوقشت لأول مـــرة بمعرفة مجموعة من العلماء فى أستراليا عام ١٩٨٣، إلا أن اقتراحهم صادف آذانًا صـــماء. وفى هذا تجد بحثًا منـــشورًا بعنـــوان: البيولوجيـــة الماكرويـــة تُعـــزِّز اســـتعادة الزيـــت "Microbiologically enhanced oil recovery" لـــ: ب. بوبيلا «B. Bubela» و ب.ل. ســـتارك «P.L. Stark» و م. كـــوردز " M. Kords" (Bass Becking Geobiological Laboratory Annual Report, Canberra 1983, p. 53). ومؤخرًا جدًا عمدت بعض المؤسسات التجارية إلى البدء فى توجيه إنتباهها واهتمامها الحاد إلى المصادر الحيوية المفتوحة والقابعة تحت سطح الأرض. وبالإضافة إلى التحسينات فـــى قطاع الزيت والغاز، فسوف نرى قريبًا براعم صناعة جديدة تسمى «معالجات البيولوجيـــا» Bioremediation سوف تقوم بتنظيف الأراضى والمياه الملوثة مـــن خـــلال اســـتخدام الميكروبات المعدّلة. وعليه سيتسنى توفير ملايين الدولارات التى يجرى إنفاقها، من خـــلال جعل الحشرات العملاقة تقوم بالعمل، والتى ستلتهم الكيماويات السامة فى المناطق العميقـــة وتلك المتعذر بلوغها. كما أن ثمة آمالاً واعدة كبيرة فى التعرف واستثمار إنزيمـــات فريـــدة

وعناصر جزيئية أخرى تحتفظ لديها بمثل هذه القدرات النفيسة المدهشة، وبالفعل فإن «معهد السرطان الأمريكى الوطنى» **"US National Canser Institute"** قد حقق عزلاً لأكثر من ٥٠٠٠ نوعية من عضويات تحت السطح خلال بحثه عن مضادات السرطان ولقاحات مرض الإيدز **"AIDS"**.

(١٣) ميكروبات الأعماق تعنى الهجوم الضارى على الصخور **"Deep-living microbes mount a relentless attack on rock"** لـ: تيم أبينزيلير **"Tim Appenzeller"**. **(Science 258, 222 (1992))**.

(١٤) المجال البيولوجى لباكتيريا الأعماق فى رسوبيات المحيط الهادئ **"Deep bacterial biosphere in Pacific Occean Sediments"** لـ: د.ج. باركز **"R.J. Parkes"** وآخر **(Nature 371, 410 (1994))**.

(١٥) الحياة فى درجات الحرارة المرتفعة من دون تكوينات ضوئية كنموذج للمريخ **"High Temperature life without Photosynthesis as a model for Mars"** لـ: إيفريت شوك **"Everett Shock"**.

(Journal of Geophysical Research- Planets, 102, 23687 (1997)).

(١٦) الاقتباس السابق.

(١٧) وبشكل أكثر دقة فإن الميكروبات الميَّالة لدرجات الحرارة المرتفعة قد نشأت بدرجة بطيئة بالمقارنة مع ميكروبات الحرارة المنخفضة. ولأن معظم «الأرشيا» هى من عاشقى الحرارة، ومحبى الحرارة المتطرفة فى ارتفاعها فهى ككل تميل للتباطؤ فى النشوء عن الباكتيريا. ومع ذلك فثمة بعض عاشقات التطرف الحرارى من الباكتيريا مثل تلك القابعة فى الصخور المغمورة بالمياه **"Aquifex"** والتى نشأت فى حالة من التباطؤ بينما بعض آخر من الأرشيا التى تميل للعيش وسط غيرها **mesophilic** قد عانت من بعض التغيرات التطورية التى جرت عليها. وأنا مدين بالفضل لـ: سوزان بارنز **"Susan Barns"** التى لفتت انتباهى لذلك.

(١٨) انظر تطور النظم البيئية فائقة الحـــرارة علـــى الأرض (والمـــريخ؟) " Evolution of Hydrothermal Ecosystems on Earth (and Mars?)" والذى أشـــرف علـــى تحريره كل من جريجورى بوك "Gregory Bock" وجامى جود "Jamie Goode".

(Wiley & Sons Ltd., New York 1996, Chapters 1, 2).

(١٩) الينابيع الحرارية التحت سطح بحرية علـــى الـــصخور المتـــصدعة فـــى جـــالا بـــاجوس "Submarine thermal springs on the Galapagos rift" لـــ: ج.ب. كـــورليس "J.B. Corliss" وآخر.

(Science 203, 1073 (1979)).

(٢٠) انظر: جولد "Gold" فى التذييل رقم ٦. وانظر أيضًا: المجال البيولوجى فى العمق التحـــت أرضـــى "The deep subterranean biosphere" لـــ: كارستين بيدرســـين " Carsten Pedersen».

(Earth Science Review 34, 243 (1993)).

(٢١) تطور أول دورات أيض (التمثيـــل الغـــذائى) " Evolution of the first Metabolic cycles" لـــ: ج. فاخترهوزر "G. Wächterhäuser".

(Proceedings of the National Academy of Science USA 87, 200 (1990)).

(٢٢) النظام البيئى للميكروبات الميكروية الصخرية ذاتية التغذية فى الصخور المغمورة فى المياه بأعماق البازلت " Lithoautotrophic Microbial Ecosystems in deep basalt Aquifers" لـــــ: تـــود ســـتيفنز "Todd Stevens" وجـــيمس مـــاك كينلـــى " James McKinley. (Sience 270, 450 (1995)) ولتقدير مبسّط وميسور انظر: الميكروبـــات فى أعماق الأرض "Microbes deep inside the Earth" لـــ: جـــيمس فريدركـــسون 'James Fredrickson' وتـــــــوليس أونـــــــستوت "Tullis Onstott». (Scientific American 275 No. 4, 42 (1996)) والـــــلكائنات الأرضـــــــــية

"The Intraterrestials" لـــ: ستيفانى بين "Stephanie Pain". (New Scientist, 7 March 1998, p. 28) وكيف ستكون عليه الحياة لـــو كـــان المـــريخ وطـــنًا لـــــها؟ "How Life Would be at Home on Mars" لـــــ: لارى أوهانلـــــون " Larry O'Hanlon". (New Scientist, 28 October, 1995, p. 19).

(٢٣) انظر: الهيدروجين فى الصخور كمصدر للطاقـــة لتجمعـــات الميكروبـــات فـــى الأعمـــاق " Hydrogen in Rocks: as an energy source for deep microbial Communities" لـــ: فريدمان فرويند "Friedmann Freund" و ج. توماس ديكنسون "J. Thomas Dickinson" وميشيل كاش "Michele Cash". (Astrobiology 2, 83 (2002)).

(٢٤) وقد تفسر هذه النظرية وجود النوع الميكروبـــى هلالـــى الـــشكل والميّـــال للملـــح التـــابع لنوع الـــ: «أرشيا» archaea، والـــذى يعـــيش فـــى ظـــروف شـــديدة الملحيـــة. وبعـــد توقف وابل الصدمات الكوكبية ظلـــت الأرض تعـــانى مـــن بعـــض الـــصدمات الكبيـــرة نسبيًا لدرجة إحداث غليان جزء مـــن المحيطـــات وبمـــا يـــصنع طبقـــات مـــن الملوحـــة المركزة والتى قد تكون مهلكـــة لأي عـــضويات مـــا لـــم تكـــن متـــسامحة مـــع الملـــح والحرارة كليهما. ومع ذلك فـــإن الـــدليل لا يكرهنـــا علـــى الاقتنـــاع فـــى هـــذه الحالـــة باعتبار أن معظم الباقى على قيد الحيـــاة مـــن هـــذا النـــوع مـــن الميكروبـــات لا يبـــدو واضحًا أنه ذو عمر طويل فى خط النسل.

الفصل الثامن

المريخ: هل يصطبغ باللون الأحمر ويموت؟

«إذا كان المريخ مسكونًا بنوع أو آخر من الكائنات، فإن ذلك مؤكد كما هو بالضبط، غير المؤكد ما يحتمل أن يكونوا عليه هؤلاء».

بارسفيل لويل ١٩٠٦

Parcivil Lowell[(١)].

فى ٧ أغسطس ١٩٩٦ واجه الرئيس الأمريكى بيل كلينتون **Bill Clinton** الصحافة العالمية، معلنًا بعبارات درامية أن هيئة ناسا **NASA** لديها دليل على وجود حياة على المريخ. وكان بذلك يشير إلى اكتشاف حجر نيزكى من المريخ فى قارة أنتاركتيكا **Antarctica** يحتوى على ما يمكن اعتباره علامات عن الحياة. واستطرد فى قوله، مبديًا ملاحظة، مؤداها أنه إذا جاز لهذا الاكتشاف المذهل أن يصحّ، فإنه سيساعد فى تنقية أو إعادة صياغة علاقة البشرية بالكون.

وإمكانية وجود حياة على المريخ تتميز بتاريخ طويل، وعلى مدى القرنين ١٧، ١٨ كان العلماء والفلاسفة وحتى رجال الدين يتبادلون الآراء بحرية حول سكان المريخ والزهرة والكائنات الفضائية الأخرى، ومع نهاية القرن الـ ١٩ أصبح الفلكيون متشككون فيما يتعلق بمشروعية الحياة على أى كواكب أخرى. ومع ذلك فقد قدم الفلكى الإيطالى جيوفانى شياباريللى **Giovanni Schiaparelli** تقريرًا عام ١٨٧٧ عن رؤيته لنموذج خطوط مستقيمة على سطح المريخ، مستخدمًا فى التعبير عن هذه الخطوط ووصفها اللفظة الإيطالية «قنوات» **canali**. وسرعان ما أمسك بالفكرة فى أمريكا كل من بارسفيل لويل **Percival Lowell**

وآخرون بدعوى أن قنوات شياباريللى هى من قبيل القنوات الاصطناعية بفعل سكان المريخ، حيث اعتقد لويل أن سكان المريخ، قد أقاموا هذه القنوات لرى الأراضى العطشى باستخدام المياه الذائبة من القطب الذى يعلوها من حيث الارتفاع. وأنشأ معملاً فى فلاجستاف **Flagstaff** بأريزونا **Arizona**، بهدف رسم خرائط لشبكة تلك القنوات. وقد يستتبع ذلك أن أيًا من ساكنى المريخ يكون متسمًا بالذكاء قد يصيبه اليأس ويصبح مدفوعًا لبناء نظام رى هائل على هذا النحو، هذا وفكرة الكوكب المحتضر، والعيون الحاسدة لساكن المريخ، فيما لو تمكن من رؤية عالمنا السعيد الأخضر، كان قد استحضرها بذكاء هـ.ج. ويلز **H.G. Wells** فى روايته الشهيرة: «حرب الكواكب» التى كانت قد نشرت عام ١٨٩٨.

قليل من الفلكيين هم الذين تماشوا مع فكرة لويل عن قيام سكان المريخ ببناء قنوات الرى تلك، لكن سرعان ما تلاشت الفكرة تحت وطأة الملاحظات الداحضة للعثور على الحياة فوق المريخ. ومع ذلك فقد بقى بعض العلماء مقتنعين بأن نوعًا بدائيًا من النبات، ربما نما هناك، ولو كان أحد أشكال «الأشنة» **lichen**، وأشاروا فى هذا إلى بعض المتغيرات اللونية الفصلية كدليل على ذلك. وحتى هذه الإمكانية تم هجرانها بحلول ما يعرف بعصر الفضاء، فقد أُرسلت المسابر إلى هناك، والتى لم تعثر على أى علامات للحياة، دع عنك عدم العثور على أى قنوات.

وفى عام ١٩٧٧ وضعت هيئة ناسا الأمر على محك الاختبار المباشر فى النهاية من خلال هبوط مركبتى فضاء باسم فايكنج **Viking** على سطح المريخ، وهما المركبتان المصممتان خصيصًا للبحث عن الحياة هناك. وعن هذه المرحلة فقد كانت قلة من الناس هم الذين يأملون فى العثور، عما يزيد على الميكروبات فى تربة المريخ. وكانت المعلومات العائدة من مركبتى الفضاء قد أكّدت الجانب المتشكك من الرأى، حيث فشلت اختبارات التربة فى العثور على أى دليل مقنع على وجود الميكروبات المريخية. وعلى عكس ما تمناه الكثيرون فقد أعلن عن المريخ، ككوكب قد وافته المنية.

وبعد عشرين سنة من رحلة مركبتى الفضاء، واستبعاد فكرة الحياة على المريخ، باعتبارها مجرد خيال علمي. أصبحت المكتشفات الجديدة باعثة للدهشة، ليس فقط فوق المريخ، ولكن هنا وعلى الأرض أيضًا. وهى المكتشفات التى صبغت الأمر بمزيد من التعقيد. ويظهر أن العلماء الآن قد أصبحوا، ولو قليلاً، متعجلين للكتابة عن المريخ كمقَر للحياة.

مكان سيئ لقضاء إجازة:

ومن حيث النظر إلى المريخ فإن له مشهَديّة ملحوظة، فهو يلمع أو يتلألأ في سماء الليل فى تدرج لونى أحمر، وهو المشهد الذى تسبب فى تسميته مارس **Mars** على اسم إله الحرب عند اليونان. كما كشفت التليسكوبات عن وجود قبعتين قُطبيتين، وأن قطعًا كبيرة من شكله تميل إلى قتامة اللون. وبين الحين والآخر، فثمة عواصف ترابية تغطي الكوكب كله. وتظهر الصور المقربة – عبر مركبات الفضاء – سطحًا تنتثر فوقه فوهات بركانية وحفر، كما تنتثر حَبَّات الفلفل فوق قرص البيض مثلاً، وتتخلله شقوق، عبارة عن أودية ضخمة وأخرى من النوع الضيق المتحدر الجوانب. وعلى أرض الكوكب، فثمة مناطق تشبه أكثر الأجزاء انعزالاً فى الصحراء الأسترالية: حيث تتكور وتنتثر جلاميد الصخر بسبب من العوامل الجوية، وتتحول الرمال الدقيقة الحجم إلى كثبان رملية. وعلى الجملة فإن المشهد كله تغمره ضياء شمسية غير مركزة وضعيفة تحت سماء برتقالية اللون.

ومن وجهة نظر الحياة، فإن المريخ يقدم لنا كل الفرص المفهومة، بما لا يسمح بالحياة. فدرجة الحرارة على الدوام تحت نقطة التجمد، ويمكن أن تصل إلى – ١٤٠° درجة مئوية، ويشتمل المناخ العام بصفة رئيسية على ثانى أكسيد الكربون، ومجرد آثار قليلة للأكسجين والهيدروجين، بما يمثل مناخًا رقيقًا ومتفرقًا، وجديرًا بالرثاء. وضغط جو المريخ ٧,٥ ميللى بار لا يزيد على ما هو عليه فى

كوكب الأرض بارتفاع ٣٥٠٠٠ متر، الذى نعتبره حدودًا للفضاء. كما أنه ليست هناك طبقة أوزون للحماية، وعليه فإن السطح يعانى من الأشعة فوق البنفسجية المميتة القادمة من الشمس. وتتآكل التربة وتتحات تحت وطأة التأكسد وتصل من الجفاف ما يجعل بيداء الصحراء الكبرى، تبدو بالنسبة إليها وكأنها أرض سَبِخَة أو مستنقع. وفى الواقع لو أن كل محتوى المناخ المريخى من الأبخرة المائية قد تم تخزينه فى كوكب الأرض، فلسوف يغمر أو يخمد بوضوح الشمس ذاتها. والجفاف يجعل العواصف الرملية مخيفة بالفعل. حيث عندما تهب الريح فإنها تصل أحيانًا لسرعة ٦٥٠ كيلومترًا فى الساعة، وبالتالى يمكن أن ترتفع الأتربة إلى ٥٠ كيلومترًا. وعلى الجملة فإنه لا يتسنى اعتبار المريخ كمكان جيد أو لطيف يمكن الحياة عليه.

ويرجع السبب الجذرى وراء ظروف الكوكب غير المتجانسة إلى حجمه الصغير. إذ تبلغ كتلته نصف كتلة الأرض، وجاذبية سطحه البالغة ٣٨٪ فى حدودها القصوى، وكنتيجة لذلك فإن معظم مناخه يتسرب بعيدًا فى الفضاء، كما أن الضغط المنخفض يمنع المياه السائلة من التواجد على سطح الكوكب، حتى عند نقطة التجمد. حاول أن تصب فنجانًا من الشاى على سطح المريخ، وسوف تجده يتبخر على الفور. والمناخ الراهن المتخلخل يعنى أن تأثير الصوبة الحرارية يكون ضعيفًا. كما تتفاقم خطورة الجو البارد، بسبب بعد الكوكب عن الشمس، والذى يصل تقريبًا إلى ٢٢٨ مليون كيلومتر، أى أنه يبعد عنها بحوالى ما يعادل ٥٠٪ أكثر من بعد الأرض عن الشمس.

هذا وربما تظن أن البحث عن الحياة على مثل هذا الكوكب المعادى للحياة والسالب لقدرتها، هو مجرد مضيعة كاملة للوقت. ومع ذلك فإنه فى أواخر سبعينيات القرن الماضى، عندما خطط العلماء لمهمة المسبار فايكنج **Viking**، فقد كانوا يعلمون أن بعض أنواع الباكتيريا يمكن أن تقاوم البرد، كما فى مثل مناخ القطب الجنوبى **Antarctica**، ولهذا فقد نصحوا بنوع من التجارب التى ستجرى

عند هبوط المركبة تهدف للسعى إلى حياة ميكروبية فى التربة المريخية. ولذا فقد كانت الأذرع الروبوتية المتصلة بالمركبة الفضائية، مُعدّة لأن تصل للتربة وتحتفظ بقليل من الأوساخ بها وتعيدها إلى معامل مصغرة فى المركبة لتقوم هذه الأخيرة بتحليلها.

ولقد كانت الحصيلة هى ثلاث تجارب على كل واحدة من مركبتى المهمة. والأولى كانت مسماة «تجربة تغيرات الغاز»، والتى اشتملت على صب «حساء» مغذٍ على عينات التربة وتقصى انبعاث أى غازات. وقبل إضافة المغذيات كانت العينات قد تحولت إلى بخار ماء. ولدهشة العلماء، فإن هذه الخطوة المبدئية كانت تعنى استجابة نشطة وقوية مع كميات وافرة من الأكسجين الذى صدر عنها، ومعه بعض النيتروجين وثانى أكسيد الكربون، وأيضًا تشابهت النتائج مع التربة المعرضة للشمس والمختفية خلف الصخور. وعندما سبق تسخين التربة إلى حد ١٤٥ ° درجة مئوية، والكافية لقتل أى ميكروبات أرضية معروفة، فقد بدا أن الأكسجين المنبعث قد تأثر بذلك. ومع ذلك فثمة شكوك أحاطت بإمكانية الاعتماد أو الوثوق فى هذه النتيجة. وعندما أضيف السائل المغذى فى النهاية، فقد كانت ثمة تغييرات معقدة غازية قد جرت، ولكن من دون نموذج انتظامى يمكن حسمه. وبالتأكيد لم تتصرف التربة المريخية على النحو المألوف فى التربة الأرضية. وبذلك أصبحت مهمة العلماء على درجة من الإرباك، حيث انتهوا إلى أن سطح المريخ لا بد أنه يحتوى على فعالية كيميائية عالية لدرجة أن إضافة الماء لها تأثير يجعل التربة تفور. وبالتالى فليست هناك حاجة لميكروبات تشرح لنا ما الذى يجرى، ولو أنه لكى نكون منصفين، فإن تجربة تغيرات الغاز لم تحسم الأمر بدورها. وفى أحسن الأحوال لا يمكن القول بأن النتائج فى جملتها كانت غامضة وملتبسة.

أما التجربة الثانية على القائمة فقد كانت تلك المسماة تجربة إطلاق «المعرفات» **labeled release**، وبدورها شملت صب أو إضافة سائل فيما يشبه

«الحساء» أو المخلوط للتربة، ولكنه نوع مختلف من الخليط. وبشكل حاسم فقد احتوى على كربون مخصب نشط إشعاعيًا، والغازات المنبعثة من المقصود أن يُختبر تعرضها لدرجات من النشاط الإشعاعي، حيث كان المفترض أن أى عضويات مريخية تتعامل مع الكربون وتطلق ثانى أكسيد الكربون، سوف تولد غازًا نشطًا إشعاعيًا، يمكن الكشف عنه بحساسية فائقة. وقد أعطت هذه التجربة نتيجة إيجابية. والأكثر من ذلك أنه عندما تم تسخين التربة بدرجة قوية تحولت النتيجة لتصبح سلبية، تمامًا كما كان متوقعًا لو أن الميكروبات كانت في حالة عمل.

وفى التجربة الثالثة، والتى تمثلت فى عكس التجربة السالفة، فقد تم تعريض التربة لمناخ ثانى أكسيد الكربون المشع، مع إضافة مصدر لضوء قوى يماثل ضوء الشمس. وكان الغرض هو اكتشاف: هل سحبت العضويات المريخية أى كربون كجزء من عملية نموها، على نفس المنوال الذى تستخدم فيه المزروعات الأرضية ثانى أكسيد الكربون. وهذه بدورها أعطت نتيجة إيجابية فى مختلف مجرياتها. حيث إن تسخين التربة حتى درجة ١٧٠° مئوية، قد سبب نقصًا فى الاستجابة، ولكنه لم يلغها نهائيًا.

وباعتبار قيمة الأمر من ناحية أن التجارب الثلاث يمكن النظر إليها، باعتبارها تقدم على نحو ما على طريق الدليل على الحياة الميكروبية فى تربة المريخ. ولو أن علماء ناسا، كانوا بالكاد مجمعين على عكس هذه النتيجة. لقد كان سلوك عينات التربة معقدًا بدرجة كافية، وغير متوقع من حيث الإمساك مباشرة بأى تفكير أو تأمل بيولوجى، وعليه كان الرأى يميل بدرجة أكبر نحو أن التربة غير العادية، والتى ربما تحوى نوعًا من الأكسدة الشديدة، هى السبب فى ذلك – وكانت هذه النتيجة مدعومة بحقيقة أن مهمة مركبتى الفضاء فايكنج لم تعثر على أى أثر للعضوية فى تربة المريخ الغريبة، لأنه حتى ولو لم توجد حياة على سطح المريخ، فلا بد أن بعض المواد العضوية كانت قد وفدت إليه من الفضاء. ويبدو أن

هذا التفسير لم يكن صحيحًا مع حقيقة وجود الإشعاع العنيف للأشعة فوق البنفسجية والتربة المتأكسدة، اللتين من شأنهما أن تُحطِّم أو تُمزِّق أى جزيئات عضوية قد تتناثر فوق السطح.

وبأخذ النتيجتين معًا فإن تجارب المركبات الفضائية لم تتوصل إلى رأى قاطع فى وجود حياة، على المريخ، هذا والرأى الرسمى للمهمة: أن المريخ هو كوكب من دون حياة، وعلينا بالرغم من ذلك، أن نتذكر دومًا القول المأثور الذى يفيد بأن غياب الدليل ليس دليلاً على الغياب. حيث ثمة أسباب عديدة لاحتمال فشل المهمة فى تعقب أثر للحياة فوق المريخ، وكيف يختلف هذا عن القول بوضوح إنه لا يوجد أى أثر؟

ربما تكون التجارب قد اختبرت النوع الخطأ من الحياة. فلقد كانت مصممة على الاستجابة للعضويات الأرضية. حيث من المحتمل أن تكون الحياة المريخية قائمة على نوع مختلف من الكيمياء الحيوية، أو على نوع مختلف من درجات الحرارة. وربما كانت الظروف المحيطة بالمعمل المصغر على أى من المركبتين الفضائيتين، مريحة بالنسبة للميكروبات الأرضية، بينما تكون مهلكة بالنسبة للميكروبات المريخية.

- ربما لم تكن التجارب حساسة بدرجة كافية لرصد الحياة العضوية فى تربة المريخ، التى قد تكون منخفضة الكثافة نسبيًا (باعتبار أن الكثير البالغ مليون ميكروب فى الجرام، قد لا يكون ملحوظًا).
- التربة الفوقية لسطح المريخ عقيمة أو غير مثمرة، ولكن يبقى أن الحياة قد توجد فى الأعماق بين شقوق الصخور، التى قد توفر لها الحياة من الظروف القاسية غير السائغة.
- قد تكون التجارب مناسبة، ولكنها لم تصادف الموقع المناسب، إذ ربما تكون الحياة موجودة على سطح المريخ فى جيوب مفضلة لها ولكن تبعد كثيرًا أو قليلاً عن موقع هبوط المركبتين.

- قد توجد الحياة على المريخ ولكن ليس على سطحه. وربما يوائم سكان مناسبين تحت قطب المريخ الشبيه بقبعة، أو فى أعماق تقع أسفل السطح – وهى إمكانية سوف أعود إليها باختصار فيما بعد.

وحتى لو لم تؤخذ هذه الاعتبارات فى الحسبان، فإن المريخ يمكنه أن يظل محل اهتمام رئيسى للبيولوجيين، وذلك لسبب بسيط: ذلك أن الكوكب الأحمر قد تبدو صورته جرداء قاحلة، ولكنه لم يكن دومًا أرضًا مجمدة مُضيّعة. وثمة أدلة وافرة عن أن المريخ فى ماضيه البعيد كان دافئًا ورطبًا ومشابهًا للأرض. والأكثر من ذلك أنه كان ودود الضيافة للحياة. وسواء أكان أم لم يكن المريخ اليوم كوكبًا ميتًا، فثمة فرصة جيدة بأن الحياة قد ازدهرت هناك يومًا ما.

الفيضان:

من السهل عليك أن تقول إن المريخ كان يومًا، مناسبًا للحياة، وذلك بعد النظر إلى الصور التى التقطها ملاحو الفضاء ومسبارات المركبتين فايكنج. إذ ثمة ملمحٌ يقفز فورًا من تلك الصور التى مسحت جوانب من الكوكب: أودية الأنهار. حيث توجد بين الجبال المعقدة التشابك فوق أرضه، مساحات رمليّة تقطعها وتلتف حولها، ومحفورة بعمق بين التلال الرملية المتناثرة، بداية من حواف الحفر وفوهات البراكين. ومن السهل ملاحظتها، واعتبار أن مياهًا جارية هى التى حفرتها على هذا النحو. وهو ما يتكامل مع مسطحات أرضية متشجرة وأكثر من دلتا أنهار ومساحات أرضية غمرها الفيضان. ومجريات المياه هذه – إذا جازت لى الإضافة – لا تشبه قنوات لويل الشهيرة المستقيمة فى أطوالها، بل على العكس هى تتفرع وتلتوى متعرجة مثل الأنهار على كوكب الأرض، ومن الصعب نكران طبيعية سماتها عما لو أنها اصطناعية الطابع.

ومن المؤسف ولا يبعث على الارتياح، أنه لا توجد بقايا قيعان أنهار قديمة: لقد جفت منذ أمد بعيد. ولكن يمكننا أن نكون على ثقة بأن هـذه الأوديـة كانـت بالتأكيد نهرية، لأنها تحمل كل سمات الأنهار فى الأرض مثل الطوفانـات، ومـا يشبه جوانب التيارات المائية، والجزر التى تأخذ شكل دمعات العيون، حيث يرتـد الغرين أو الطمى ليتخزّن مع تدفق التيار. إذن لا يوجد شك أن المياه قـد فاضـت بحريّة فوق سطح المريخ فى وقت ما. ولكن من أين جاءت؟ وأين ذهبت؟ هل هذه المجارى النهرية القديمة قد فاضت على هذا النحو، بسبب من الأمطار أو الثلـوج الذائبة، أو كان مصدرها ينابيع تحت أرضه أو صخورًا مغمورة؟ هل تحولت هـذه الأنهار إلى بحار وبرك ومحيطات، أو أنها انسابت ببساطة لتضيع وسط الرمـال؟ وفوق كل ذلك إلى أى حد من القدم تشكلت تلك الأودية النهرية؟

لقد قضى العلماء سنوات فى تأمل ومسح الصور لاستخلاص المعلومات عن كل دقيقة زمن تفصيلاً، فى محاولة شجاعة للإجابة عن مثل هذه الأسئلة. وحتـى من خلال بحث سريع أو خاطف، فسرعان ما بدا واضحًا أن كثيرًا مـن القنـوات الكبرى ليست فى كثير من قيعان الأنهار كمساحات فيضانيّة تطوف مهتاجة كسيل جارف، متتبعة الانطلاق الفجائى لكميات ضخمة من المياه. وهـذا الـشكل يمـدنا بالمفتاح. هذا الفيضان الجائح العنيف هو النموذج الذى ينشئ قنـاة، تبـدأ بـشكل فجائى ضخمة الحجم وعميقة، وكل ذلك مع قليل من القنوات ذات الجوانب. والنهر بالمقارنة يبدأ هزيلاً وينمو حجمه شيئًا فشيئًا، وكذلك عمقه مع زيادة ما ينساب إليه من الروافد الجانبية.

ونحن حين نصل إلى المستوى الرقمى، فإن المقياس الذى يمكن أن تقاس به الفيضانات المريخية تصبح مذهلة وصاعقة. والقنوات تتنوع بين عدّة عشرات مـن الكيلومترات عرضًا عبر الأراضى العالية إلى أحواض فـى الأراضـى المتآكلـة باتساع مئات الكيلومترات من الطرف إلى الطرف، وحيث تدفقت واشتد تيار المياه عبر مساحات السطح المفتوحة، وبالنسبة للمقدار الوافر من الفيضان عبر القنـوات

الكبرى، فقد كان مستواها مذهلاً وغير عادى، ويكاد يكون معادلاً لما يقدر بـ ١٠٠٠٠ مرة من مياه نهر الأمازون **Amazon**. وأكبر فيضان جائح وعنيف معروف على الأرض والذى غمر نهر كولومبيا بولاية واشنجطون منذ ١٢٠٠٠ سنة مضت. فى تلك الفترة العَرَضيّة، فإن مقدار المياه التى تعادل بحيرة ميتشجان قد فاضت فى يومين اثنين فقط. والفيضانات المريخية كانت أكثر قوة وعنفًا عن ذلك بما يماثل ٣٠٠ مرة.

والسبب المباشر والفعلى لهذا الغمر الساحق بالمياه فوق المريخ لا يزال محل اختلاف. وهو بالتأكيد لا يرجع لحالة مَطَريّة غزيرة. وما يبدو أنه حدث: أن أحجامًا كبيرة من المياه كانت حبيسة على نحو ما قد تحررت فجأة، فيما يشبه السوائل التى يحجزها سد ثلجى ما وراءه، ثم ذاب هذا السد وانهار. وثمة إمكانية أخرى تتمثل فى انبثاق أو انفجار المياه الجوفية عبر جَمَد سرمدى كان يُحكم غلق الفتحات الموجودة على السطح، وذلك فى شكل نافورة ضخمة. ومثل هذا الهيجان أو الثوران يحدث عندما يثقب أو يخترق حجر نيزكى قشرة السطح، أو ذوبان بركانى، أو ببساطة، عندما يقوم ضغط هيدروستاتيكى **hydrastatic**. هذا وليست كل مجارى المياه الجافة على المريخ كارثية الفيضان كقنوات مائية. ففى الأراضى الأقدم بالمرتفعات الجنوبية للمريخ هناك ملامح عديدة تشبه كثيرًا النظم النهرية المألوفة، بما لها من أودية طويلة ضيقة وأخاديد رقيقة وتآكلٍ بطىء للأرض. وقاعات هذه الأنهار يبلغ طولها بضع عشرات الكيلومترات، كما تصل إلى ثلاثة كيلومترات عرضًا، ولها شبكة من الروافد شبيهة بتلك، التى على كوكب الأرض وتختلف الآراء حول كيف تشكلت هذه الشبكة من الأودية. كما أن الصورة البسيطة للمطر أو الثلج – الذى ينتج ماءً، ينهمر من أعلى التلال ويحتّ ببطء واديًا هناك – لا تتواءم جيدًا مع الحقائق. بالتأكيد هذا لا يمكن حدوثه الآن ببساطة، لأن الجداول الصغيرة، سرعان ما تتبخر أو تتجمد قبل أن تصب فى النهر الرئيسى. ولكن حتى لو تواءمت الظروف لوجود مياه سائلة، فإن أشكال الوديان لا تتطابق جيدًا مع التحات أو التآكل البادى.

وثمة عملية تجرى على كوكب الأرض تتسبب فى تشكيل الأودية، وهى تعرف بما تَمدّنا به المياه الجوفية. وهى ما يمكن أن تراه على مستوى صغير على الشواطئ الرملية، عندما يطفح من الرمال ينبوع صغير من الماء أو حتى فقاقيع مائية، وتفيض هذه المياه إلى البحر. وعندما تظهر هذه الحالة، فإن بعضًا من هذا التيار يعود أدراجه إلى الرمال، مقتطعًا ممرًا عريضًا – نسبيًا – فى قمة التيار، حيثما يذهب اتجاهه. وكثير من الأودية المريخية تبدو وكأنها تشكلت بهذه الطريقة.

ويعتقد ميشيل كار **Michael Carr**، من الهيئة الأمريكية للمسح الجيولوجى وأحد خبراء المياه المريخية، أن سوائل قليلة هى التى فاضت على سطح الكوكب، منشئة تلك الأودية، مشيرًا للأرض المسطحة والجوانب الشاهقة، والتى تميل بنا إلى اعتبارها غائرة شديدة الانحدار. ويعتقد كار أن معظم المياه المتسربة تحت الأرض تغور فيها وتستقر تحتها، مسببة تلفًا تدريجيًا أو انخسافًا لها أو حتى تضيع هناك، بأكثر من جريانها فوق السطح، محملة بالمواد. وبتأثير الطبيعة الزَلِقَة للتدفق الحادث فى الطبقة تحت السطحية يمكن أن تنزلق المواد والترسبات إلى أسفل التلال، منشئة أخدودًا مائيًا حتى فى غياب تآكل السطح. وهو يعتقد أيضًا أنه بدلاً من سقوط أمطار بشكل دورى، فإن نوعًا من الجيوكيمياء الأرضية يُقوِّى الاقتناع بأن ثمة دورة تعمل فى إعادة المياه للصخور المغمورة تحت الأرض. والصورة العامة للمياه فوق المريخ إذن، هى التشكل البطىء للأودية عن طريق تدفق مستقر فوق السطح أو فى التربة تحت السطحية، فضلاً عن الفرص المفاجئة للفيضانات المأساوية.

عندما كنت فى طور المراهقة، كنت مولعًا بالاستمتاع بالمناقشات التى أجريها مع اليهود المنتسبين لجماعة «شهود يهوة»(*) **Jehvah's Witnesses**، حيث كان سؤالى الأثير لهم يتعلق بفيضان نوح (عليه السلام): أين ذهبت كل تلك المياه؟

(*) فئة من اليهود تتلخص مهمتها فى الدعوة للدين اليهودى وشرح تعاليمه بشكل سلمى فى كل مكان وكل وقت فيما يمكن تشبيهه بالجماعة المسلمة التى تحمل اسم: التبليغ والدعوة. (المترجم).

ونستطيع إذن أن نوجه السؤال نفسه عن الفيضانات المريخية. والإجابة البسيطة السهلة ستكون: ذهبت داخل الأرض. ومثل كوكبى الأرض والقمر فقد عانى كوكب المريخ من القصف الكونى الكثيف خلال الـ ٧٠٠ مليون سنة الأولى من نشأته. وهذا الاضطراب العنيف حرك بقوة (يمكن استخدام تعبير «مخمض»)، باطن الأرض فى هذه الكواكب، بما أخرج منها العديد من المواد، وبحيث تَغَطَّى سطح الكوكب كله بقطع كسر الحجارة غير المصقولة أو محددة الشكل، والتى تعرف باسم **regolith** (وهى الكتل المتبقية بعد إنجاز صهر المعادن). وحتى عمق يصل لعدة كيلومترات. ولأن كوكب المريخ أصغر من كوكب الأرض، فإنه ينقصه القلب المنصهر الكبير (كما فى الأرض)، الذى يمكن أن يدفع النشاط التاكتونى **tectonic** (المتعلق بتشوه أديم الأرض والأشكال الناشئة عن ذلك) ليأخذ مجراه، وعليه فإن هذا السطح المتشظى لم يُعَدْ تشكله على نحو كامل. وعليه بقيت هذه الشظايا المتخلفة عن القصف الكونى فى شكل شبه إسفنجى، بحيث يحجز كميات ضخمة من السوائل. وهكذا بالرغم من حقيقة أن سطح المريخ الحالى يتميز بالجفاف البالغ، فإن المريخ قد يظل محتفظًا بمياه منتشرة فى مجال واسع، ولكنها مختفية تحت السطح فى شكل جلاميد على عمق عدة كيلومترات، كسوائل محصورة. والتقديرات فى هذا المجال تتنوع، ولكن يبدو أن تلك المياه المحصورة لو تحررت ووُجِّهت إلى السطح دفعة واحدة، فسوف تصنع محيطًا كوكبيًا عريضًا بعمق يصل إلى كيلومتر واحد على الأقل.

ويعتقد مراقبو المريخ أن الكوكب الأحمر كان يتمتع، فى أحد الأوقات، ببحار وبرك على الرغم من سطحه ذى الطبيعة الإسفنجية (أو التى تنفذ منه المياه). وتحدها آثار ترسبات البحيرات طبقة فوق طبقة وثخينة القوام، وتوجد فى أودية ضيقة وعميقة، بينما المظهر المنقط أو المرقش لبعض المساحات الأرضية المنخفضة فى شمال الكوكب، ينحو بنا للميل إلى التفكير فى هذا الوضع بشكل واسع. والأدلة على بحر كبير بدورها، تعتبر مسألة أكثر خلافية. ولكن تخوم أو

حدود محيط ممكن، يسهل تعقبها حول مساحات الأرض الشمالية هناك، حيث يتوقع فيضانًا مائيًا من القنوات التى نفثتها فوهات البراكين وحفر التصادمات الكونية فى الأراضى العليا فى الأيام الصافية أو معتدلة الجو. وخط الشاطئ المظنون يشتمل على منحدرات صخرية متآكلة، ومصاطب أشبه بتلك المحاذية للأنهار وأشكال قَرنيّة مستدقة الأطراف. ربما يقترح إله الإقيانوس الملقب بـ: «بورإليس» **Oceanus Borealis** علينا، أن هذا المحيط المُتَصوَّر، ربما كان يغطى ما مقداره ثلث الكوكب.

والذى يتتام مع الدليل على ذلك المحيط، هو وجود علامات قوية على أن نصف الكرة الجنوبى للكوكب قد خضع لعملية تجمد ثلجى واسعة. واليوم يوجد فى المريخ قطب شمالى رفيع من المياه الثلجية، مخلوطًا بقطع ثلجية جَافّة (ثانى أكسيد كربون متجمد)، وقطب جنوبى حقيقى يسوده الثلج الجاف. ويتناقص هذا الثلج مع الفصول، حتى إن الطبقة الرفيعة تلك فى القطب الشمالى تختفى بالكامل، ولكن منذ مدة طويلة ماضية، فقد امتدت طبقة الماء المثلج من القطب الجنوبى إلى نطاق يصل إلى خط العرض ٣٣. ومصدر كل هذا الثلج ربما كان من تبخر الإقيانوس المشار إليه.

وعبر الدهور، فقد جف كوكب المريخ تدريجيًا، بسبب تبخر المياه وضياع هذا البخار فى الفضاء نتيجة انخفاض جاذبية الكوكب. ومن المعروف عالميًا أن كمية من المياه معادلة لتلك وبعمق ٧٠ مترًا، يمكن أن تختفى بهذه الطريقة. والأكثر خطورة من ذلك هو البرد، حيث تنخفض درجة الحرارة، فتصبح الظروف أكثر ملاءمة للماء السائل، وتصبح معظم الأنهار المريخية، مندمجة مع الجلاميد دائمة التجمد. والبحيرات القديمة المتفرعة من البحار، ربما تكون فوقها طبقة عالية متجمدة وصلبة وتكون بقاياها لا تزال هناك، ومنعزلة تحت طبقات من الأتربة والصخور.

وبينما ينقسم العلماء حول تفاصيل نشأة المياه على المريخ، إلا أنهم يوافقون على أن معظم الأنشطة الهيدروليكية (المتعلقة بحركة المياه)، قد وقعت منذ وقت

طويل جدًا فى الماضى، وإذا كان هناك نهر رائق تلوى هنا أو هنــاك، أو محــيط متلاطم، فربما قد جفا منذ على الأقل ٣,٥ بليون سنة مضت. ومع ذلك فإن تعاقب الجو أو المناخ لم يسر فى طريق مستقيم ذى اتجاه واحد، إذ ربمــا أن الانخفــاض البطىء قد زَوّد المناخ بجو دافئ على فترات، بحيث تجرى الميــاه بحريــة مــرة أخرى، والدليل على ذلك أتى من حقيقة أن بعض الأودية المريخية قد تشكلت فــى وقت متأخر تمامًا. وأيضًا بعض القنوات المتدفقة الكبيرة قد انقطعت عدة مــرات، بما يشير إلى نتيجة التدفق الفيضانى على فترات. وكل هذا يشير إلى أن المريخ قد عاد، وربما باختصار أو بدرجات قليلة، إلى الدفء والرطوبة لأسباب ما. وحينئــذ ربما كانت هناك دورات ثرية للمياه، عبر أرض المريخ فى ضوء تلك الظــروف المناخية[٢]، ولكن مع كل دورة للفيضانات وللتجلد اختفت مياه أكثر. ولو أن بعض الأنهار على المريخ، ربما قد جرت مؤخرًا منذ مئات الملايين من الــسنين، فقــد كانت ضعيفة بالمقارنة مع الفيضانات القديمة، وربما لذلك كان لها أثر ضئيل على المناخ المريخى.

أثــر الدفيئة[*] المريخية:

الأنهار المريخية تعطينا دليلاً واضح المعالم على أن الكوكب كان فى وقــت ما، أكثر دفئًا وترطيبًا. ولكن كيف كان ذلك ممكنًا؟ للوهلة الأولى ثمة سبب جيــد للاعتقاد بأن المريخ كان فى الماضى أكثر برودةً، مما هو عليه الآن، وهــذا لــه علاقة بما يسمى بمشكلة الشمس الوليدة المعتمة. باعتبار أن الشمس مرت بمراحل نمو، لتصبح على نحو ما هى عليه الآن، أى أكثر بريقًا مما كانت، بسبب تغيــرات كيميائية جرت فيها. فمنذ أربعة بلايين سنة، كانت أقل من بريقها الحالى بما يعادل

(*) فى الأصل هو البيت الزجاجى المخصص لزراعة النباتات الرَّخصة أو لوقايتها، ولكن يقصد بها على نحو عام كل البيئات التى تحيط (عن طريق حفظ درجة الحرارة) وتحمى ما فيها من عضويات حية من أغلب المؤثرات الخارجية، وهنا يقصد بالمصطلح: المناخ الحرارى المحيط بالمريخ (المترجم).

٣٠٪، وبالتالى أثر هذا التغيّر المتطرف على المريخ المتنائى عنها. والوضع إزاء ذلك هو أن الدفء الحرارى للأرض من جراء النشاط الإشعاعى والحرارة المخزنة، قد أثَّر فى تشكل الكوكب، واللذين كليهما كانا أكثر ارتفاعًا فى الماضى. ومع ذلك فإن الدفء الحرارى الأرضى المتدفق وحده لم يكن ليتكافأ مع الشمس «المعتمة»، كما أن أسبابًا أخرى لا بد أنها تواجدت لإحداث مناخ أكثر اعتدالاً.

ويعد استخدام أثر الدفيئة من أسهل الطرق لجعل كوكب أكثر دفئًا. لأن غازات الدفيئة، مثل ثانى أكسيد الكربون، تعمل كغطاء (أو بطانية)، حاصرة حرارة الشمس قرب سطح الكوكب. واليوم فإن الجو المريخى أرفع فى طبقته لدرجة لا يُنتج معها دفء كافٍ من الدفيئة، ولكنه بالتأكيد كان أكثر ثخانة خلال البليون سنة الأولى. وكما هو الحال مع كوكب الأرض، فقد تطلب المريخ فى بداياته جوًا مكثفًا، بسبب ما يصدر عن الكوكب من غازات وما يأتيه من عناصر متطايرة من المذنبات، كما ساعد الوفير من **CO2**(*) على رفع درجة الحرارة.

ولو أن العلماء يخمنون أن المريخ، لا بد، كان فيه الوفير من **CO2** فى الماضى، إلا أن تصور شكل له، ليس من الأمور اليسيرة. والأكثر قربًا للأمر أن الكثير منه ضاع فى الفضاء بسبب التصادمات الكونية العنيفة. وكما أوضحت فى الفصل السادس، فإن تصادمًا يقع للكوكب من المذنبات الكبيرة يتسبب فى إحداث نحات أو تآكل فى الأرض من جراء التصادم، فضلاً عن تعرية الجو وكشفه. وفى حالة المريخ، فإن النتيجة النهائية كانت تلك الطبقة الرفيعة من الهواء، ولكن أثناء فترة الوابل الكثيف من المتصادمات ذاتها، فلا بد أن حفظ الجو قد تقلب بشكل واسع. وتصل التقديرات فى هذا إلى أن المريخ فقد من جراء التصادمات ما يساوى ٩٩٪ من غلافه الجوى، وأن ٩٠٪ مما تبقى بعد ذلك، يرجع إلى عمليات متنوعة. وإذا كانت هذه الأرقام صحيحة، فإنها تقضى بأن المريخ فى بعض

(*) إختصار ثانى أكسيد الكربون CO2 = Carbon di obde (المترجم)

الأوقات كان لديه ضغط جوى أكثر ألف مرة مما لديه الآن، وبما يكفى لرفع درجة الحرارة فوق درجة التجمد وما يدعم وجود محيط وافر.

وليست هناك شكوك كثيرة بأن المريخ كان فيه جو أكثر ثخانة بسبب الحوائط الناجمة عن الحُفَر التى أحدثتها التصادمات الكونية والتى تأثرت كثيرًا وتحدرت بفعل تلك العوامل. وتلك الحفر التى تقل أقطارها عن ١٥ كيلومترًا من الطرف للطرف، قد صارت عدمًا تمامًا ومحقت بالكامل. وبالمقارنة فإن الحفر التى وقعت فى وقت متأخرًا، كان من الصعب تآكلها بالكامل. ويرى الباحثون فى هذا الشأن أن تأريخ التغيير بتحول الجو دراماتيكيًا إلى طبقة رفيعة لم يقع فى زمن يبعد كثيرًا عن نهاية وابل التصادمات الكونية أى منذ ٣,٨ بليون سنة مضت. ومعظم الفيضانات الكارثية يبدو أنها وقعت فى مثل هذه الفترة، لأن معظم القنوات الفرعية تبدو مزدانة بكثير من فوهات أو حفر محفوظة جيدًا وصغيرة. إنه النقص فى التآكل أو التحات طوال معظم تاريخ المريخ، هو الذى حفظ وأبقى على مجارى المياه تمامًا وبحالتها البكر. بينما على كوكب الأرض فلا يوجد أى واد نهرى، يمكنه أن يبقى لبلايين السنين.

وبمجرد أفول فترة وابل التصادمات الكونية، فقد ظل ثانى أكسيد الكربون فى المريخ يتسرب إلى الفضاء لأسباب متنوعة، وإذا كان بعضه قد هرب إلى الفضاء، وبعض آخر ذاب فى المياه وأصبح مُذَوبًا فى الصخور المائية الصغيرة المتناثرة، والبعض الأكثر من هذين ربما اندمج مع الكربونات **carbonates** أو المعادن الأخرى فى الصخور. ومن دون بعض العمليات التعويضية، فربما أن ثانى أكسيد الكربون، قد اُختصر أو تناقص إلى شكل أقصر. ومن المحتمل أن تسخين الحرارة الأرضية قد حفظ هذه العمليات وأعاد ثانى أكسيد الكربون إلى الجو. كما ربما حدثت فى غضون عدة مئات الملايين من السنوات ضغوط جوية عالية ومعتدلة فى آن معًا، وتشاركت مع تأثير الدفيئة. ومع ذلك ففى النهاية، فقد خبَت حرارة الأرض. وفشلت دورة ثانى أكسيد الكربون، وبدأ الضغط الجوى فى التلاشى، وخلّف كل ذلك الصحراء المتجمدة الحافة، التى نراها فى المريخ اليوم.

وحقيقة أن بعض الأودية النهرية تبدو وكأنها قد انقطعت فى زمن قريب نسبيًا، تشير إلى بعض عصور كانت دافئة بالمصادفة. فإن من الممكن أن نجد تفسيرًا له فيما نسترجعه من عمليات. فلو كان صحيحا أن الحرارة الأرضية المحلية أو الانفجارات البركانية قد أطلقت فجأة كميات كبيرة من الماء إلى السطح، فلا بد أن كثيرًا من ثانى أكسيد الكربون قد انطلق بدوره معها. ربما ترفع هذه الدورة... درجة الحرارة وتذيب مياهًا أكثر، وتُحَرِّر المزيد من ثانى أكسيد الكربون. وعندما تُغرِق المياه الذائبة الأراضى المنخفضة المتجمدة، فإنها ستدفئ الحجارة الصغيرة المتناثرة، مثمرة أو مطلقة المزيد منه، وعلى الجملة، فإن كمية كافية من ثانى أكسيد الكربون ستُحَرّر من الكوكب فى حالة تصعيد لهذا الشكل بما يكفى لجو أكثر كثافة مؤقت، مكونًا لأثر الدفيئة.

وثمة ورقة أو عنصر آخر متعلق بحركة الكوكب. فالمريخ له مدار غير متراكز وشاذ وله قمران، ولكنهما أصغر من أن يوازيا حركته المغزلية. ولا بد إذن من أوقات مفضلة للجمع بين الحركة المغزلية ومداره الشاذ، وتؤدى إلى دفء شمسى ساحر. ويصبح العمود الذى تدور حوله الحركة المغزلية دقيق الطرف، بانضباط يكفى ليتلقى القطبين فى الكوكب المزيد من حرارة الشمس بأكثر مما تتلقاه المناطق الاستوائية. وهذا قد يذيب القطبين ويتسبب بالتالى فى هروب أثر الدفيئة، وبالتوازى، فإن عصورًا متكررة من تشكلات المحيطات والجلاميد الثلجية تخلفها أوقات هامدة أو لا نشاط فيها، يبدو تصورًا أقرب من البرودة غير المفاجئة.

ومن وجهة نظر الحياة، فإن حقيقة أن المريخ كان دافئًا ورطبًا فيما بين ٣,٥ و٣,٨ بليون سنة ماضية، هى حقيقة مفهومة جيدًا، لأنها تعنى أن المريخ يتشابه مع كوكب الأرض فى الوقت الذى كانت الحياة فيه قائمة هنا. وهذا ما جعل بعض العلماء ينتهون إلى نتيجة، مؤداها أن المريخ كان، لا بد صالحًا، لكونه مستقرًا للحياة فى مثل ذلك الوقت أيضًا. ومع ذلك، فإنه من ناحية الكوكب ذاته فإن وجود الماء عليه هو جزء من القصة. والذى جعله صالحًا للحياة بدرجة جيدة أن هناك أيضًا براكين إلى جوار وجود المياه.

هل كانت ثمة حياة على المريخ؟

الجبل المريخى الشمسى أوليمبوس مونز **Olympus Mons** يبلغ ارتفاع جزئه الرئيسى ٢٧ كيلومترًا، وتبلغ مساحته من الطرف للطرف ٥٥٠ كيلومترًا، مما يجعل منه – من حيث المقاييس – أكبر جبل فى النظام الشمسى كله، ويعادل تكوم سبعة من جبل إفرست **Mount Everest** على الأرض. ومقتضى معنى هذا الجبل لا يكمن فى حجمه، وإنما فى أنه عبارة عن بركان. وعندما تتواجد البراكين والمياه، فإن النتيجة تصبح فى وجود ينابيع دافئة، ومثل هذه النظم عن الحرارة الهيدروليكية على الأرض، ربما كانت تلعب دور المصنف لأول عضويات حيوية. فهل ازدهرت الحياة أيضًا على المريخ منذ ٣,٨ بليون سنة مضت؟ ربما على منحدرات بعض الينابيع فى أوليمبوس مونز، أو ربما عميقًا فى الصخور المسامية أو الإسفنجية الشكل المُنفِذَة للمياه تحت بحر مريخى اختفى منذ مدة طويلة.

وعلى مدى أربعة بليونات من السنوات ظل المريخ متوهجًا ومتقدًا، بسبب الحرارة الصادرة عن تشكله. والنشاط الإشعاعى يدفئ القشرة الأرضية فيه. والصدامات الكونية أذابت هذا السطح. وعندما ناضل الكوكب لتجريد نفسه من تلك الحرارة البدائية. فقد فاض بالحمم البركانية **Lava** بكميات كبيرة وعلى مدى واسع للغاية، مُنشِئًا مساحات أرضية هائلة من صخور ذائبة، مثلها مثل ما نعرفه عن ماريا القمر **Maria of the moon**(*). وحالما شرعت القشرة الأرضية فى البرود التدريجى هبطت أو تلاشت هذه البراكين بشكل مطرد، وفى هذا الوقت توقف تقريبًا وابل القذائف المريخية والصدامات، وأصبح موزعًا على مناطق ثلاث كبيرة، أطلق عليها مسميات: ثارسيس وإيليزيوم وهيلاس

(*) اسم المار يعتقد أنه ؟؟ على سطح القمر (المترجم).

Tharsis, Elysium, Hellas(*)، هكذا على التوالى، وإذا كانت ثمة براكين حية على المريخ اليوم، فهى لا تبدى أى علامات على النشاط(٣). ومع ذلك فإن تاريخ المريخ يشمل ظاهرة التآكل أو التحات: وعلى سبيل المثال ما نلحظه حول جبل أوليمبس مونز والذى يشير إلى الـ ١,٥ بليون سنة الأخيرة، ومنذ الـ ٥٠٠ مليون سنة الأخيرة هناك مثلها قريبًا من ألبا بترا **Alba Petera**(**). وعلى ذلك فالأقرب هو أن المريخ لا يعد نشطًا بركانيًا منذ ٤ بلايين سنة، وهو ما يعد قريبًا نسبيًا، ويبدو أنه من المعقول التوصل لنتيجة أن بعض المناطق لا تزال دافئة، ومن المحتمل أن تكون هذه المناطق فى العمق تحت الأرض.

لابد أنه فى ذلك الماضى البعيد، كانت هناك فرصة واسعة لتكوُّن ينابيع دافئة أو ساخنة حول فوهات البراكين الحارة، كمصادر للمياه الوفيرة على الكوكب. وثمة دليل واضح على تفاعل المياه والبراكين أظهرته الصور التى تم مسحها. وكثير من الفيضانات يبدو أنها جاءت من ذوبان الجلاميد والقشرة الثلجية على أرض المريخ، وبعض مجارى الأنهار، يبدو أنها ظهرت من تحت فيضانات مكونات البراكين. وتدفقت القنوات متناثرة حول البراكين الأكثر علوًا من منطقة «ثاليث». وفى أماكن أخرى، فإن شبكة القنوات الكثيفة زيَّنَت خاصرة البراكين. وثمة تلال مسطحة القمة، فيما يشبه مائدة جبلية فى أيسلاندا حيث تسيخت أو ترسبت مكونات البراكين تحت الثلج. والسمات نفسها حملتها بعض التلال أو المرتفعات فى منطقة «إليزيوم» على المريخ والتى تُظهر علامات من خليط بين مكونات البراكين والثلج. وكل هذا يضيف إلى الدليل الظرفى بوجود نظم هيدروليكية حرارية على المريخ القديم، إلا أنه لم يظهر بعد دليل واضح أو سهل على وجود مخزونات معدنية تستدل عليها المجسات.

(* + **) اسماء مواقع بركانية ومناطق فوق سطح المريخ (المترجم).

وفى انتظار مهمة جديدة لمارس فقد قام علماء ناسا، بوضع علامات مميزة على مناطق فى سطح المريخ يحتمل وقوع نشاط هيدروليكى فيها. ويبدو أن جانب بركان هادريكا بلاديرا(*) **Hadrica Pladera** من بين الأماكن المناسبة. حيث وُجدت هناك شبكة من أودية أنهار، فاضت من مجرى أو مجار من مرجل **caldera** قديم، تقطعها قناة فيضان لها مشهد جليل تظهر فجأة لتقطع المنحدر. وثمة بركان آخر يسمى أبولليناريس باتيرا(**) **Apollinaris Patera**، له ملامح المظهر القديم لرقعة مضيئة بالقرب من حافة المرجل، والذى يمكن أن يكون ينبوعًا دافئًا لتخزين المعادن. كما أن هناك بركانًا مشابهًا فى منطقة الحفرات العالية، يعرف باسم تيرا سيميريا(***) **Terra Cimmeria**. وله منحدرات متآكلة بشدة وتتموضع كبداية لمجرى مائى كبير.

وكثير من أودية الأنهار على المريخ حدثت فى مناطق مشوشة، حين تطفلت أجرام صخرية كبيرة تمركزت على مواقع متشابكة كبيرة أيضًا. وهذه الطبوغرجرافيا من المظنون أنها تشكلت عندما تطفلت الصخور المنصهرة على الأرض الثلجية. وعندما ذاب الثلج، فاضت المياه مُسَبِّبَة انهيارات عشوائية، ومثل هذه الأماكن تسمح بوجود مواقع أولية لمسطحات ضحلة، يبرز فيها النشاط الهيدروليكى.

إذا كانت الحياة قد اتخذت إقامة لها فى الينابيع الحارة أو الدافئة لكانت قد خلفت آثارًا إحفورية لها. والإحفوريات المريخية كان من الأقرب بالنسبة إليها أن تقاوم بأكثر من مثيلاتها فى كوكب الأرض بسبب النقص فى الأجواء على المريخ. والمهام المريخية المقبلة(****) يمكنها أن تسعى إلى ما يشبه أو يقترب شبهه

(*) اسم موقع بركانى فوق سطح المريخ (المترجم).

(** + ***) جميعا هى اسماء مواقع بركانية فوق سطح المريخ (المترجم).

(****) يلاحظ أن الكتاب بعنوانه الحالى "أصل الحياة" قد نشر عام ٢٠٠٣ وسبق نشره عام ١٩٩٨ تحت عنوان: المعجزة الخامسة" ولكن الطبعة الحالية فريدة ومنقحة. (المترجم).

للعيّنات، لتعود بها إلى كوكب الأرض. أما المواقع الأحفورية الأخرى والمتضمنة لأودية الأنهار، حيث ربما ذابت العضويات المريخية فى الأحواض الراكدة وفى الصدوع الكبيرة للأودية. وأودية مارميريس(*) **Valles Marmeris**، حيث كانت الطبقة العميقة مكشوفة. وقيعان البحيرات الجافة، حيث تستطيع الميكروبات أن تصبح مخزونة فى رسوبات المياه بها، كل هذا هو أيضًا محل الاهتمام، والفوهة المعروفة باسم جوزيف **Gusev** (اسم لفوهة بركان مريخى)، تبدو مرشحة وواعدة بهذا، لأن نهرًا كبيرًا سبق أن فاض فيها مرة من المرات. لقد كانت هناك بحيرة عميقة منذ فترة طويلة، وبها الكثير من الترسبات فى قاعدتها.

وأول خطوة صغيرة لتتبع هذه النقاط المشار إليها كانت فى يوليو منذ عام ١٩٧٧، عندما توجهت، وهبطت بنجاح باثفيندر **Pathfinrder**(*) على المريخ منذ الفايكنج **Viking**(**) وبواسطة مركبة الفضاء سوجورنر **Sojourner**(***)، فقد أطلقت الباثفيندر معلومات ثرية من فم منطقة فيضان أريز فاليس **Ares Vallis** (موقع مريخى). والمنطقة الأرضية القريبة من المركبة الفضائية كان ينتثر عليها ما يشبه الأكياس الحافظة من الصخور المرتدة إلى الوراء بفعل السيول. وهذا الحطام، ربما يشتمل على شرائح من أنظمة متطرفة الحرارة أو حتى أحفوريات من الميكروبات التى كانت عميقة تحت السطح، وتسبب الفيضان فى بروزها على السطح وارتحلت فى المجرى المائى. وللأسف لم تكن الباثفيندر لديها القدرة على كشف وملاحظة مثل هذه الحدوس.

وفى سبتمبر ١٩٩٧ أرسلت ناسا ما يسمى بالمساح العالمى **Global Surveyor** إلى مدار المريخ، فرسم بصفة عامة خريطة لسطح المريخ بمقياس

(**) اسم الموقع المرخى (المترجم)

(*، **، ***) والمعنى الحرفى ذو الدلالة لهذه المُسميّات على التوالى هو: Pathfinder= طريق للعدسة الإضافية الصغيرة والعريضة (الموضوعة إلى جوار العدسة الأصلية) لتوضيح أكثر للصورة المطلوبة، Viking- وهو الاسم الذى أُطلق على المحاربين القدامى من غزاة شمال أوروبا ويعنى "الفاتحين" بصفة عامة، Sojourner= المقيم إقامة مؤقتة. (المترجم).

مترى بالغ الدقة. وأعقبتها بنجاح مركبة أوديسا (بمعنى: التجوال الطويل: المترجم) المريخ **Mars Odyssey**، والتى ارتحلت لنفس المدار. ومزيد من المجسات سـواء هبوطًا على السطح أو دائرة فى المدار، تم التخطيط لهـا بمعرفـة هيئـة ناسـا، والنظيرة لها فى اليابان المعروفة باسم إيسا **ESA**، وروسـيا. وهـى مـشروعات تتضمن الحصول على عينات تعود بها تلك المهام للأرض، ومقدر لها أن تـستمر حتى نهاية العقد. ولو أن هذه المهام موجهة أساسًا أو بدرجة كبيـرة، لفهـم جـو وطبوغرافيا كوكب المريخ، فإن كل النتائج سوف تثمر لنا مفاتيح متفحصة للحيـاة فى ماضى الزمان(٤).

هل لا تزال هناك حياة على المريخ؟

إذا كانت الحياة قد وجدت بالفعل على ظهر المريخ منذ ٣,٨ بليـون سـنة مضت، فربما عانت من مواجهة سباق يائس مع الزمن. لأن التصادمات الكونيـة الهائلة لم تحصر المناخ فقط تدريجيًا، وإنما أيضًا أفسدته، وأجدبت الأرض هنـاك. وما دام تم غمر المناخ وتجمدت المياه، أصبح السكان المناسبون لهـذه الظـروف أندر وأندر. وعبر عدة مئات ملايين السنين، فالأقرب أن الباقى مـنهم قـد تـسلل راجعًا إلى شقوق معينة فى الصخور المغمورة تحت البرك المنعزلة المحمية بطبقة ثلجية على سطحها، أو أى مواقع تحت سطح الأرض.

ومن المفهوم أن الحياة ظلت متماسكة أو ملتصقة فى أماكنها حتـى اليـوم. وكإدراك متأخر، فإن المواقع التى اُختيرت لمهمة فايكنج والتى تم اختيارها بـصفة أساسية لحسن الهبوط وسهولته، تبدو وكأنها أبعد ما يمكن عن مواقع تواجد الحياة. لقد أُرسلت فايكنج قبل أن يُقدِّر البيولوجيون فهم أهميـة الينـابيع الحـارة. ومـن المؤسف أن معظم الأنظمة الهيدروليكية فوق المريخ تبدو فى هذه الآونـة هامـدة منطفئة أو حتى منقرضة.

ومع ذلك، فسيكون من الخطأ إهمال المريخ كموطن لحياة ممتدة، فالبراكين التى تثور فجأة، وفوهاتها الواسعة ربما تبدو على أنها شيء من الماضى، ولكن النظم الحرارية الأرضية، ربما لا تزال قائمة فى الأعماق تحت السطح. ولو أن الجلاميد تمتد إلى أسفل لعدة كيلومترات، فإن المياه السائلة المنسابة والتى قد تكون ملحية المذاق، تبقى بكميات وافرة أسفل هذه الجلاميد. ونحن نعلم هنا، على كوكب الأرض، أن الدائرة الحيوية تمتد عميقًا فى القشرة الأرضية، وإذا استطاعت أن تسكن وهى راضية فى مثل هذا الظرف، فلا بد أن تستطيع ذلك أيضًا فى المريخ. ولو أن المريخ ربما يفتقد المداخن السوداء قرينة الشكل التى نراها فى أعماق محيطاتنا، فليس ثمة سبب لكى لا تتكيف الميكروبات المريخية عبر الزمن مع ظروف ذلك الكوكب. وعلى الأرض قامت الباكتيريا والأرشيا بغزو مواقعها الخشنة وازدهرت ونمت فى أماكن، يمكن بالمقارنة، أن تصبح المواقع المريخية تحت الجلاميد تعتبر، بالنسبة لها، لطيفة ومعتدلة.

ولو أن هناك حياة على المريخ، فربما تشبه النظم البيئية لتغذية الميكروبات المسماه **Slim**، تلك التى عُثر عليها فى الأرض داخل طبقة الصخور العميقة تحت الأرض، مدعومة بنوعيات الباكتيريا العاشقة للمواد الكيميائية (انظر الفصل السابع)[٥]. وتذكر أن أولئك العائشين على المواد الكيماوية هم بالأساس منتجون: فهم بغير حاجة للضوء ولا للطعام العضوى ولا للأكسجين، ويقوم غذاؤهم على الكيماويات غير العضوية المتوافرة فى هذا العمق، مثل الهيدروجين وكبريتيد الهيدروجين والتى تصل عموديًا إلى القشرة الأرضية بواسطة تيارات الحمل المائية. كما أن عمليات التمثيل الغذائى القديمة ستكون مناسبة للظروف الجارية فى المريخ أو السائدة فيه، حيث الكبريت والحديد المخزونين فيه يمكن أن يمداها بالكيماويات الضرورية. وعضويات مثل الحلقيات الميثانية التى تحوّل الهيدروجين، وثانى أكسيد الكربون إلى الميثان، ربما تشعر وكأنها فى موقعها المناسب تحت سطح كوكب المريخ[٦].

كيف يمكن تذوق أو استطعام مثل هذا الحدس؟ فالعثور على ميكروبات حية تحت تلك الجلاميد، ربما يشبه المصيدة لأى بعثة يقوم بها رجال، ولكن المسح الذى يقوم به قمر صناعى سوف يجسّ - على نحو غير مقصود - علامات حياة تحت السطح، مثل انتثار أو تفشى غاز الميثان فى المناخ المريخى. ومع ذلك، فالأمل فى نجاة عضويات مريخية ينعقد فيما لو أنها قاومت أو ناضلت من أجل الحياة فى أماكن محلية فوق أو بالقرب من السطح. وعلى سبيل المثال فإن صداما كونيًا متأخرًا قد يكون قد كشف طبقة أرضية تتوافر فيها الميكروبات المنزعجة، فبعض الميكروبات قد تبقى متاحة، متجمدة وغير نشطة أو خاملة، ومحمية من الموجات فوق البنفسجية القادمة من الشمس فى جوانب الحفر التى أحدثها التصادم. كما أن هناك إمكانية أخرى تتحصل فى بقاء بعض الباكتيريا الميّالة للملح مدفونة فى بللوراته المتبقية فى قاع البرك الجافة.

ويضع أحد إخصائيى المريخ بهيئة ناسا رهانه على المناطق القطبية المتجمدة فى المريخ، والتى يعتقد أنها قد تكون ميناءً مناسبًا أو ملاذًا ممكنًا لشكل من أشكال الميكروبات(٧). وهو يدعى كريس ماكاى **Chris Mackay**. ولو أن درجة الحرارة هناك منخفضة لحد يدعو لليأس، فعلى الأقل هناك ثلج متاح، بعكس المناطق الاستوائية التى جفت تمامًا. ومزيد من المفاتيح للأسئلة المثارة يأتى من مكان واحد على الأرض يتشابه مع سطح المريخ اليوم وهو قارة أنتاركتيكا عند القطب الجنوبى من حيث إن درجة الحرارة هناك تصل إلى ما تحت درجة التجمد، وثمة رياح عنيفة ومخيفة وجافة، وإشعاعات جدية من الفوق بنفسجية، وبالرغم من ذلك، فإن حياة ميكروبية تقوم فى قاع البحيرات المغطاة بالثلوج فى أودية ماكمورد الجافة **McMurdo Dry Valleys**. والمياه السائلة يمكن أن تبقى تحت الثلج حتى ولو أن درجة الحرارة تصبح تحت درجة التجمد، وذلك بواسطة خليط من أشعة الشمس والحرارة الأرضية واقتحام أو استرساب مياه سائلة منذ فترات ارتفعت فيها الحرارة إلى ما فوق الصفر. ومن ثم فإن العضويات المريخية، ربما عثرت على

ملاذ لها في مثل هذه الأماكن وامتدت في مقاومتها ومناضلتها من أجل الحياة عبر مئات ملايين السنين.

وقد أعد ماكاي دراسة أكثر من مهمة عن هذه الحياة الانتاركتيكية، وتعرف الدراسة باسمها المخيف «الحياة الدائمة المخفيّة أو المغلزة» **cryptoendolilhs**(*)، وهذه العضويات تحتل أو تشغل منطقة صخور رملية الطابع ونصف شفافة. وتسكن قريبًا بدرجة كافية من السطح لكي يصل الضوء إليها، ولكنها محمية من الأشعة فوق البنفسجية والرياح بصفة عامة، بواسطة طبقة صلدة رفيعة. وضوء الشمس المندمج بالصخور، يمكن أن ينشئ جوًا معيشيًا رطبًا لبقاء العضويات واستمرارها عبر المياه المنحصرة حتى ١٥٠٠ متر في ظل درجة حرارة تكون دائمًا تحت درجة التجمد. إن كل مجتمعات الباكتيريا والفطر والطحالب **algae** بنات الأشنة **lichens** والخميرة المزبدة **yeasts**، تعيش براحة في ظل هذه الظروف البالغة القسوة. ومن المحتمل أن بعض هذه العضويات تعيش في المريخ، مستخدمة هذه الاستراتيجية العبقرية، وأي ميكروبات مريخية فطرية أو طبيعية قد تكون ظهرت بالطريقة نفسها.

ورأيي الشخصي هو أن المنطقة العميقة تحت سطح المريخ تظل أكثر احتمالاً كمواقع الحياة اليوم، ولأسباب سأقوم بشرحها في الفصل التالي. وأعتقد أن هناك فرصة ممتازة في أن نعثر على ميكروبات مازالت حية تحت الجلاميد المريخية. حيث كنا منذ سنوات قليلة نضحك في سخرية من مثل هذا التنبؤ، فطالما افترض العلماء أن الحياة تحتاج لدعمها إلى ضوء الشمس والدفء وإمداد جاهز من المواد العضوية، وبذلك فإن المريخ ظلّ خارجًا على الموضوع، ومع ذلك فإنه مع اكتشاف الميكروبات التي تعيش في العمق بعيدًا عن الضوء أي في ظلام دامس والحرارة الأرضية التي تدفئ سكان الأرض فقد انتقل مشهد الحياة ليكون مناسبًا على المريخ(٨).

(*) وبتحليل الكلمة أو المصطلح لغويًا نجد أنها تنقسم إلى مقطعين: crypto وتطلق على كل ما هو سرى أو شفرى، والباقى يشير إلى نبات دائم الخضرة، ينمو في شرق اليابان. (المترجم).

الأحجار النيزكية القادمة من المريخ:

فى عام ١٩١١ كانت بلدة «نخلة» فى مصر محلاً لحدث من أهم الوقائع التاريخية على الإطلاق حين سقطت عليها من السماء صخرة غليظة وقصيرة وتسببت فى مقتل كلب. وهو النوع الوحيد المعروف من ذوات الناب، الذى لقى حتفه بواسطة عنصر أو موضوع كونى. ولو أنه أمر غير محتمل الحدوث فى أن تتم مواجهة كهذه، فإن طبيعة الأمر غير العادية لم تتكشف إلا بعد عقود تالية عندما وجد العلماء أن من وراء هذه الحادثة القاتلة ليس صخرًا حدائقيًا عاديًا، وإنما قطعة من كوكب المريخ. وللتأريخ فثمة دستتان من الصخور النيزكية المريخية قد تم التعرف عليهما وأكثر من ذلك لا يزال قابعًا فى الأرض حولنا دون شك فى طبيعته. وبتوجيه النظر إلى صخرة نيزكية مريخية، فإنها تبدو مختلفة عن أى صخرة أخرى، وبالطبع من الشيء المعثور عليه فى نخلة، يستقر لسنوات عديدة مثل أى صخور نيزكية فى المتحف الجيولوجى بجامعة أدليد **Geology Museum at the University of Adelaide**، إلى أن تم تمييز طبيعته الحقيقة فى بواكير التسعينيات من القرن الماضى، ومنذ ذلك الحين تم التحفظ عليه «بالضبة والمفتاح». ذلك أن الأصل المريخى لهذه الصخور لا يكمن فقط فى مظهرها ذاك، وإنما أيضًا فى دقة تكوينها الكيميائى. ولقد ظل العلماء طويلاً مُتحيّرين إزاء مستوى من الصخور النيزكية، يعرف باسم المطقطقات أو المحزوزيات **"SNC" or Snicks** (اختصارًا)، طبقًا لما تحويه من كميات غير عادية من المواد المتطايرة أو سريعة التأثر، ووفرة ما بها من نظائر الأكسجين. إن تعريفها بـ **SNC** يعنى أوائل حروف أسماء ثلاثة أماكن اُكتشفت فيها، فالـ **N** تشير إلى نخلة بمصر على سبيل المثال، والأول فى استعادته للحياة سقط فى شازنى **Chassigny** بفرنسا عام ١٨١٥، والثانى كان فى الهند فى شيرجوتى **Shergotty** عام ١٨٦٥، وهكذا تشكلت الحروف الثلاثة.

وأكثر ما أثار الحيرة والإرباك فى تلك الصخور النيزكية، هو احتواؤها على صخور نارية، والتى عادة ما ترتبط بالبراكين. وهو ما دعا إلى الشك فورًا أن هذه الصخور النيزكية تأتى من الكويكبات الكائنة بين المريخ والزهرة، أو أن يكون مصدرها المذنبات. ولكن الكواكب وحدها هى التى تشتمل على البراكين، وليس الكويكبات والمذنبات.

والجزء الحاسم من الدليل جاء فى بواكير الثمانينيات من القرن الماضى، على أن هذه الصخور النيزكية الملقبة باسم **SNC** فيها شىء غريب، وذلك عندما استخدموا مقاييس إشعاعية نشطة فى تحديد تاريخها العمرى، حيث جاء عمرها ما بين ١٨٠، و١٣٠٠ مليون سنة. وبالمقارنة فإن الصخور النيزكية العادية، التى هى عبارة عن شرائح من المواد البدائية الأصلية المتخلفة من تشكل النظام الشمسى، والتى تقترب بين ٤,٦ بليون سنة من العمر. ومن ثم فقد تشككت حفنة من العلماء، فى أن الأحجار النيزكية **SNC**، قد جاءت من سطح أحد الكواكب والتى تشتمل على البراكين.

ولو أن معرفة المصدر الكوكبى لهذه الصخور النيزكية **SNC**، قد أزال الحيرة القائمة بشأن الموضوع المثار بقوة، إلا أنه أنشأ المزيد منها. وكان أكثرها ضغطًا على الذهن هو كيف لحجر ضخم خشن أن يُقتطع من كوكبه ويبذل جهدًا فى قطع هذا الشوط للوصول إلى الأرض. وما العمليات الفيزيائية التى لها قوة اقتطاع صخرة من كوكب دون أن تدمره فى الوقت نفسه؟ وسرعان ما أوضحت الحسابات أن أقصى عنف تحاتى أو تآكلى بركانى لا يتسنى له خلع حجر وقذفه إلى الفضاء. وهكذا انحصرت المسألة فى خيار وحيد وهو التصادمات الكونية. فقد كان بالتأكيد مما يُقبل فهمه أن كوكبًا صدمه كويكب آخر أو مذنب، وبقوة كافية لحث كتلة صخرّية وتسييرها فى المدار، وأن بعض هذه الملفوظات قد وصل أخيرًا للأرض. ومع ذلك فإنه حتى فى الثمانينيات ظل الكثير من العلماء بجدون صعوبة

فى قبول مثل هذه المآسى الكونية بشكل جدّى. والأدهى من ذلك فقد بدا فى ذلك الوقت أن تصادمًا بهذه الجاذبية، لن يمكن معه تجنب انسحاق أو إذابة الصخور فى منطقة التصادم. وعليه، فإن الصخور النيزكية «المطقطقة» (التى تحدث صوتًا كالطقطقة)، قد اصطدمت، ولكن على نحو عادى.

وعلى أى حال، فإن وزن هذا الدليل تجمع لصالح الأصل الكوكبى للـ SNC. وكان السؤال التالى هو: من أى من الكواكب جاءت؟ ولو أن المريخ كان دئمًا هو المرشح الأول الذى تدور حوله الشكوك. فقد كان بمثابة تمرين على بذل الجهد فى العمل الاستكشافى. وبالطبع فإن كوكب الزهرة كان هو المنافس له فى هذا الأمر، لأن مناخه السميك والارتفاع النسبى لدرجة جاذبية سطحه، جعلا من الصعب أن تهبّ منه أى مواد. كما أن القمر - وكوكب الأرض نفسه - مَثَّلا مصادر مناسبة لمثل تلك المواد. لكن القمر لم تكن به أنشطة بركانية فى الوقت الذى قدّرته المقاييس كعمر للـ SNC. ولو أن الأرض كان بها مثل هذا النشاط، فقد فشلت الصخور النيزكية فى اختبار المقارنة بشكل حاسم بالنسبة لكوكبى الأرض والقمر، فى ظل نسب نظائر مكوناتيهما. ليس فقط نظير الأكسجين، وإنما أيضًا غاز الزّينون **Xenon**(*). فكلاهما ليسا كذلك مما يشير إلى مناخ رفيع ومجال جاذبى كبير ولكنه عادى. وكل هذا وضع الحمل بقوة على المريخ.

وفى عام ١٩٨٢ جاءت الحجة المفحمة فى واحدة من المراحل غير المتوقعة، والتى غالبًا ما تصاحب الاكتشافات العلمية. حين كان أحد علماء هيئة ناسا، وهو دونالد بوجارد **Donald Bogard**، يحاول تسجيل إحدى الصخور

(*) هو عنصر غازى ثقيل خامل وعديم اللون يكون دائمًا فى الهواء، كما أنه يستعمل فى بعض المصابيح الكهربية (المترجم).

النيزكية المريخية المزعومة بواسطة قياس وفرة النشاط الإشعاعى لغاز الأرجون(*) **Argon** فى أحد جيوب الثلج الذائب. وكانت النتائج التى حصل عليها من العينة التى عمل عليها، منافية للعقل أو مخيبة للآمال، ولذلك انتهى إلى أن الصخرة ربما تلوثت بشكل ما أو شابها الفساد. وفكّر جارد مليًا فى الأمر، وأرجع السبب فى أن قوة موجة الصدمة، التى تسببت فى قذف الصخرة من المريخ، ربما أجبرت غاز الأرجون من الجو ليدخل إلى جوف الصخرة، وكانت فايكنج قد قامت بقياس وفرة نظائر الأرجون فى مناخ المريخ. وسرعان ما أبرزت المقارنة كون بوجارد صادقًا. هذا وجاءت القياسات التى أجريت على غازات مهمة أخرى، فضلاً عن النيتروجين وثانى أكسيد الكربون، لتوافق على قائمة المعلومات عن النظائر التى جاءت بها مهمة فايكنج. فقد تماثلت الغازات الموجودة بالفقاقيع الصغيرة الموجودة فى هذا النيزك بدقة مع المناخ المريخى(٩).

وبمجرد القبول بأن **SNC**، وحفنة أخرى من الأحجار النيزكية، قد جاءت فعلاً من المريخ، فقد راح العلماء يفحصونها بأمل العثور على مفاتيح حول الظروف الفيزيائية على سطح المريخ. وواحد من الاكتشافات المهمة هو وجود معادن فى الأحجار النيزكية التى عملت فيها المياه عملها، مؤكدًا بذلك نظرية أن المريخ كان فى مرة من المرات، دافئًا ورطبًا. كما أن معلومات أخرى من التى تم تجميعها حول وفرة النظائر، ساعدت فى بناء صورة للتغيُّرات التى جرت فى مناخ المريخ. وكل هذا العمل والجهد على الأحجار النيزكية المريخية كان شيئًا ساحرًا ومهمًا ولكن، ومع ذلك، لا يقارن مع المفاجأة المخبأة والكامنة داخل النيزك المسمى **ALH 84001**.

(*) عنصر غازى عديم اللون والرائحة يوجد أيضًا فى الهواء، وكذا فى الغازات البركانية، كما يستعمل فى ملء المصابيح الكهربية بدوره، فضلاً عن الأنابيب الإليكترونية. (المترجم).

دلالات لوجود حياة:

لقد وقعت هيئة ناسا على، اكتشاف مذهل، يشير لإمكانية شكل بدائى لحياة ميكروبية، ربما تكون قد وُجدت على المريخ لأكثر من ثلاثة بلايين مضت من السنين.

دانيل س. جولدنج Daniel S. Golding

مدير هيئة ناسا(١٠).

تعتبر المساحات الأرضية المنعزلة فى أنتاركتيكا آخر الأمكنة التى يمكن أن يجد فيها صائدو الأحجار حجرًا نيزكيًا وهم يعملون. إلا أن هذه الألواح الوفيرة المميزة من الثلج تعتبر حافظًا، مثاليًا للأسرار الفلكية. فإذا عثرت على حجر فى ثلوج أنتاركتيكا فليس غير السماء هى التى جاء منها. والأحجار النيزكية التى تسقط على الثلج، سرعان ما تدفنها الثلوج فيها، ولكن عندما تزحف ألواح الثلج فى اتجاه المحيط، حاملة معها الأحجار النيزكية، فإنها تتوقف عندما تواجه إعاقات مغمورة، كما عندما تحتك بالجبال. وقد تُدفع الأحجار المدفونة إلى السطح، حيث تبدو واضحة تمامًا عبر الثلج الأبيض.

وكانت روبرتا سكور **Roberta Score** واحدة من بين فريق البحث الأمريكى عن الأحجار النيزكية فى أنتاركتيكا، وفى أخريات عام ١٩٨٤، كلفت هى وزملاؤها باجتياز الجلاميد المكشوفة والتى تذروها الرياح بالقرب من منطقة تعرف باسم «تلال آلان» **Allan Hills**. وفى منتصف نهار ٢٧ ديسمبر أوقفت روبرتا تليفونها الثلجى المحمول، ليأخذها العجب إزاء مشهد ثلجى متشكل بما يشبه الأمواج المتجمدة. وعند هذه النقطة فقد التقى نظرها بحجر نيزكى يرقد على حافة هذا الحقل الثلجى. وفى البحث فيه، تبين أن له لونًا يميل للاخضرار، وأنه ليس من مصدر أرضى. وبعيدًا عن ذلك فهو مجرد حجر نيزكى آخر فى مجال اهتمام

روبرتا وزملائها، من بين أكثر من مائة منها كان الفريق قد جمعه أثناء مهمتهم، وعليه فلم تكن هناك إثارة غير عادية أو مفرطة بالنسبة لهم.

وكالعادة حرص العلماء على تجنب أسباب التلوث للحفاظ على حجرهم النيزكى الأخضر بعيدًا عنه، والذى سموه اختصارًا **ALH**، باعتبار المكان المعثور عليه فيه **Allan Hills** أى «تلال آلان»، فوضعوه فى حقيبة من النايلون الخاص فائقة التعقيم وأحكموا غلقها بنوع من التيفلون **Teflon**. لم يلمسه أحد بيديه العاريتين، ثم نُقل فى حالة تجمد مع غيره مما عثروا عليه طوال رحلة المهمة والتى دامت ثلاثة أشهر، إلى معمل معالجة الأحجار النيزكية **Meteorite Curation Laboratory**. فى مركز جونسون للفضاء **Johnson Space Center** فى هيوستون بولاية تكساس. وهناك تم تخزينه فى خزانة مشمولة ببيئة نيتروجينية لاستبعاد أى رطوبة أو نداوة. وقد كان هذا أول حجر نيزكى يتم التعامل معه من بين ١٩٨٤ حجرًا (منذ بدأت المهام المماثلة والتى لقبت بالتعريف ٨٤٠٠١) وذلك بالنظر للونه غير المعتاد. ومع ذلك، وعوده للمعمل فقد أظهر بما لا يتوقع لونًا فاترًا ضاربًا إلى الرمادى فى هيئته، وتم تصنيفه على أنه من بين التكاثرات المرتدة من حزام الكويكبات. وهكذا ظل هذا الـ **ALH 84001** مخزونًا دون تعرف على هويته الحقيقية إلى طوال أربع سنوات أخرى.

وفى صيف العام ١٩٨٨ كان الكيميائى الجيولوجى دافيد ميتلفيلدت **David Mittlefehldt**، من مركز جونسون للفضاء، يقود تحليلاً عاديًا فى التكاثر المرتد (الجنسى واللا جنسى) وحصل على عينة من **ALH 84001** لتحليلها. وسرعان ما ثار حب استطلاعه من خلال الوصف الأصلى للحجر، بأنه يحتوى على معادن معينة تندر فى حالات التكاثر المرتد، مثل ذلك الغريب العجيب المسمى بلاجيوكلاز **Plagioclase** (ضرب من الفلسبار). وكان معروفًا أيضًا أنه يحتوى على كربونات (المشبعة بثانى أكسيد الكربون)، ولكن ميتلفيلدت وعلى نحو أوتوماتيكى، عزا ذلك إلى أنه من نتاج الجو فى أنتاركتيكا.

وتحليل متيلفيلدت للكتلة العينة، لم يصل إلى أى شىء زائد أو منفرد. وظل الأمر كذلك حتى العام ١٩٩٠ حين استخدم مجسًّا الكترونيًّا **electron microprobe**، لفحص بعض الحبيبات التى تحتوى عليها العينة، حيث بدأت الطبيعة الفريدة للحجر النيزكى تتكشف ببطء. لأن المجسّ الذى أطلق شحنة أو حزمة ضَيِّقَة من الإليكترونات على سطح العينة حاثا انبعاث أشعة إكس **X-rays**، والتى كشفت عن كمية كبيرة من الحديد الحديدى **ferric iron**، والذى لا تتميز به الأحجار النيزكية العادية. وعليه لم يذع متيلفيلدت الخبر ظنًا منه، بأن تحاليله قد أخفقت النتائج الصحيحة. ولكنه كتب بحثًا عام ١٩٩٣ عن التكاثر المرتد، أشار فيه إلى تلك النتائج الشاذة لعينة **ALH 84001**، ومن ثم حثه أحد مراجعى البحث بأن يعيد فحص نتائج تحليله. وفقط حين أقنع متيلفيلدت نفسه بأن نتائجه صحيحة ولا عيب فيها، أشرقت عليه فكرة مؤداها أن الـ **ALH 84001**، قد لا تكون من نتاج التكاثر المرتد على الإطلاق، ولكنه حجر نيزكى مريخى. ومع ذلك، فإن التكوينات المعدنية لم تكن تماثل تلك التكوينات المعروفة عن الأحجار النيزكية المريخية، مثل الـ **SNC** مثلاً. وبالطبع فقد أصابته الحيطة الطبيعية، ولم يشر متيلفيلدت لزملائه إلى ما انتهى إليه.

ووصل متيلفيلدت إلى أنه من الأفضل الحصول على عينات أخرى من **ALH 84001**، وبعد قليل لفت انتباهه إلى حجر نيزكى آخر من أنتاركتيكا معروف بالاسم المختصر **EETA 79002**، وهو قد سبق له العمل عليه ومحدّد على أنه نتاج مباشر للتكاثر المرتد. وبدأ يجرى عليه تحليله الروتينى، مستخدمًا المجسّ الإلكترونى، ولكنه وبشكل فورى، تحير وارتبك إزاء اكتشافه كمية حقيقية من الحديد الحديدى. وكاختبار متقاطع مع الاختبار الأصلى قام بدراسة تكوينات كبريتيد الحديد فى الـ **EETA 79002**، ولدهشته عثر على ديسالفيد **disalphide** الحديد «هذا شىء أحمق أو مجنون لأن الجنس المرتد يحتوى فقط على الحديد أحادى الكبريت»(١١). هكذا ردد بينه وبين نفسه. وهو فى حيرته البالغة وارتباكه

عاد إلى قواعده لفحص طبقة رفيعة من الحجر تحت الميكروسكوب، حيث لم تشبه فى أى شيء للـ EETA 79002، ولكنها وعلى نحو مضجر ووافر الشبه لـ ALH 84001. وبمعاودة الفحص وجد متيلفيلدت أنه حصل على عينة خاطئة وأنه كان يعمل طوال الوقت على عينة الحجر النيزكى المعثور عليه فى تلال آلان. وقد كان هذا دليلاً كافيًا. ثنائى سالفيد الحديد يُعد مألوفًا فى الأحجار النيزكية المريخية. ومع وجود الحديد الحديدى، فإن النتيجة تنحصر فى أن الحجر (ALH 84001) قادم من المريخ.

وبمجرد أن أعلن متيلفيلدت أنه كذلك، فى منتصف أكتوبر ١٩٩٣، فقد جرت معاملة الحجر على نحو خاص. حيث ترأس باحث هيئة ناسا دافيد ماكاى، والذى يعمل أيضًا فى مركز جونسون للفضاء، مجموعة بحثية والتى ضمت أيضًا ريتشارد زار Ritchard Zar، من جامعة ستانفورد، وبدأت المجموعة فى إخضاع ALH 84001 لمجموعة من الاختبارات؛ مستخدمين فيها كيميائيات خيالية والتحاليل المناظرة، والتى من خلالها استطاع علماء ناسا إعادة بناء تاريخ الحجر درجة بعد درجة، وكانت أول مفاجأة هى عمر الحجر الذى تم تحديده بواسطة تحلل عنصرى الروبيديوم vubidium (وهو عنصر فلزى فضى اللون يشبه البوتاسيوم)؛ والسماريوم Samarium (عنصر فلزى نادر). ولنتذكر أن معظم الأحجار النيزكية المريخية تعتبر صغيرة العمر نسبيًا، ولكن الـ ALH 84001 يترسخ عمره واصلاً إلى ٤,٥ بليون سنة مضت، وبما ليس بعيدًا من تاريخ تشكل المريخ ذاته.

وقد وجه الباحثون جل اهتمامهم للخدوش فى الحجر النيزكى. وفى النهاية فإن شيئًا – من المحتمل أنه قريب من تصادم كونى – قد فرّق نسيجه لدرجة معينة، وأذابه مرة ثانية، ولكن جزئيًا خلال عملية التصادم. ولتحديد متى حدث ذلك، فقد عمد الفريق إلى مقاييس مُقدرة بعناية لعنصر البوتاسيوم ٤٠، وهو نظير مشع نشط يتفسخ تدريجيًا فى غاز الأرجون Argon، ولأنه غازى الهيئة، فإنه يتسرب من الصخور النسجية (الشبيهة بالنسيج)، ولكن يبقى محصورًا فى شكل

متماسك **Solid**. والمزيج المتصل من البوتاسيوم والأرجون يمكِّنها على هذا النحو في تحديد الوقت الذى برد فيه الحجر من الصدمة التى أحدثت تلك الصدوع فيه. وكانت النتيجة أن البرودة فيه وقعت منذ حوالى أربعة بلايين من السنين. وترجع أهمية هذه الشروخ فى الحجر إلى أنه يقبع فى عمق ثناياها حبات رفيعة من الكربونات مثل الحجر الجيرى. وبالنسبة لجيولوجى، فإن الكربونات لها نوبات تقصد فيها الماء. وكان السؤال المحورى هو: هل هذه الكربونات قد تسللت للصخرة أو الحجر أثناء وجوده فى ثلوج أنتاركتيكا أو أنها جاءت معه من المريخ؟ وبعد قليل، كانت الإجابة فى المتناول عبر عمر ذلك المخزون. ولو أن المسألة تعتبر مطاطية جدًا، فقد تراوحت بين ١,٤ و٣,٦ بليون سنة. إلا أنها كانت كافية للقول بأنها قبل مجيئه لكوكب الأرض.

ومن ثم كان واضحًا أن الـ **ALH 84001** كانت له حياة كاملة، بالمقارنة الحديثة، منذ فصله تصادمًا كونيًا عن كوكبه الأم: المريخ. ولكى يصلوا إلى تاريخ هذا الفصل عن الكوكب فقد درس الفريق تأثير الأشعة الكونية على الحجر النيزكى. والمواد فى الفضاء يصيبها بشكل دائم وابل من العناصر الفائقة السرعة، القادمة من الشمس ومن المجرة ككل. وهذه الأشعة تنتج نظائر جديدة فى المواد. وبقياس وفرتها فإنه يمكن تقدير مدى الوقت الذى تعرضت فيه الأشياء للأشعة الكونية. وانحصرت الإجابة فى حوالى ١٦ مليون سنة، وعليه فقد قضى **ALH 84001** طوال هذه المدة فى الفضاء قبل أن يصل لكوكب الأرض. ولتحديد متى بالضبط تم دَفْع الحجر، بعيدًا عن المريخ، فقد احتاج العلماء لتحديد متى وصل بالضبط لأنتاركتيكا. وقد استخدم فى هذا نظير الكربون المعتاد. ثمة كمية من النظير النشط إشعاعيًا كربون ١٤ «C^{14}» قد تشكل بواسطة الإشعاع، حينما كان الحجر فى الفضاء، وبعد سقوطه على سطح كوكب الأرض توقف إنتاج هذا النظير. وبقياس الكم المتسرب منه، يمكن تحديد وقت وصوله للأرض، وتمثلت الإجابة فى حدوث هذا منذ ١٣٠٠٠ سنة. وهكذا فقد استقر فى الثلج من دون أن يقلقله أحد منذ تقريبًا ١١٠٠٠ سنة قبل الميلاد، حتى التقطته روبرتا سكور عام ١٩٨٤.

وتركزت دراسة علماء هيئة ناسا على مادة الكربونات المميزة فى الحجـــر. وعرفوا أن تلك العناصر الرفيعة قد تمدهم بمفاتيح مهمة عن الأحوال فوق المريخ منذ مدة طويلة مضت، وكشفت الأبحاث المقرَّبة عن طبقات من الفقاقيع تصل مـــن ٢٥ نانوميتر (واحد من المليون من المليمتر) حتى ١٠/١ من المليمتر من الحافة للحافة، حَاصرة مادة الحديد الثرية التى تحوى كبريتيد الحديد وشكلاً مـــن أشـــكال أكسيد الحديد المعروف بقدرته على الجذب، وكل هـــذه المعـــادن يمكـــن إنتاجهـــا منفصلة، بواسطة عمليات كيميائية مختلفة، ولكن وجودها مندمجة فى موقع واحد، كان مما يثير الانزعاج. ما الذى صنعها على هذا النحو؟ وبعد كثير مـــن التفكيـــر المعتبر بدأ علماء ناسا فى تأطير حدس جرىء: هل من الممكن أن تكون حبيبـــات الكربونات تلك قد صنعتها عضويات حية؟ ونعترف أن تلك كانت نظرية ضـــارية، ولكن هل جاء الحجر من كوكب الأرض، حيث هذا النوع من الحبيبات المعدنيـــة التى رأوها يمكن نسبتها بشكل جاهز للأنشطة الميكروبية؟

كانت الأبحاث تحتاج إلى مراجعات احترافية: قليل من العلماء قـــد يكتفـــون بهذه الحبيبات المعدنية كدليل على وجود حياة، وهكذا لجأ ماكاى وفريقـــه لـــشىء مختلف تمامًا من الكيماويـــات المـــسماة هيـــدروكربونات شـــــاملة، ذات رائحـــة **polycyclic aromatic by drocarbonate**، واختصارًا **PAH**، وهى جزيئات كثيرة الحلقية ومعروف بأن أشكال الحياة المتفسخة تنتجها. وبحث العلماء عنها باستخدام مقياس الطيف، وقد كوفئوا بوجود آثار لها. وقبل الاحتفال بهذه النتيجـــة، احتـــاج العلماء للتأكد أنها لم تغز الحجر أثناء وجوده فى أنتاركتيكا. وقد اختبروا ذلك مـــن خلال فحص توزيع الـــ **PAH** فى الحجر النيزكى، ووجدوا أن تركزها يتجه إلـــى داخل الحجر، وهو عكس ما يتوقعه المرء من كونها قد غمرتـــه مـــن الخـــارج، والأكثر من ذلك أن الأحجار النيزكية الأخرى فى أنتاركتيكا لا تحوى هذه الكميات من الـــ **PAH**. لقد كانت هذه بمثابة ضربة هائلة، ولكنها قصرت عـــن أن تكـــون دليلاً على إثبات، أن حشرات مريخية كانت تعمل فى الحجر. والمشكلة تتمثل فـــى أن الـــ **PAH**، ولو أنها من صنع العضويات الحية، إلا أنها أيضًا يمكن أن تكـــون

من صنع عمليات غير عضوية. وبالطبع فقد وجدت فى أحجار نيزكية عادية وحتى فى الفضاء البين نجمى. وعلى ذلك فإن وجود الـ **PAH** فى الـ **ALH 84001**، هو مما يثير الاقتراحات، ولكنه يبقى غير حاسم. وحتى لو ثبت أن الـ **PAH** قد جاءت من المريخ، فإنها يمكن أن تُنتج بواسطة عمليات غير بيولوجية، أو أنها جاءت من الفضاء.

ومع ذلك فقد كان هناك سبب ثالث جعل فريق ناسا يشك أن عضويات حية، قد سبق أن عاشت فى الحجر المريخى، وكانت هى الأكثر درامية على الإطلاق. فقد أظهر ميكرسكوب أليكترونى قوى أن آلافًا من النقاط الأنبوبية الشكل، تبدو ملتصقة بالحبيبات الكربوناتية. وهذه النقاط تبدو لكل الناس كأنها باكتيريا أرضية. بينما ذهب ماكاى وزملاؤه إلى نتيجة، مؤداها أنها ليست أكثر من أحافير مريخية – (القشور المتحجرة للميكروبات التى عاشت على الكوكب الأحمر منذ أكثر ٣,٥ بليون سنة مضت)، ولو كان هذا الكلام صحيحًا فمن الضرورى أن تكون أول كائنات فى التاريخ ترى الطبعة المبدئية لشكل من الحياة مُغاير وغريب.

وقد أعلن فريق ناسا عن إنجازهم للأدلة الثلاثة للعامة، بحيث أصبح الأمر معروفًا للجميع، فى أغسطس ١٩٩٦. وكانت النتيجة اشتعالاً للإحساس العالمى مع شعارات، رفعتها الميديا حول العالم مع تغطية تليفزيونية نشرت الأخبار على مدى واسع. والرئيس كلينتون بنفسه واجه الصحف وأعطى بركته وموافقته على الأبحاث التى أُجريت. وأعد نائب الرئيس آل جور **Al Gore** سيمنارًا «للتطبيقات» فى البيت الأبيض، وعلّق القادة الدينيون على الأمر دون إسراف، مشيرين إلى مدى ما يعنيه حياة فضائية غير أرضية للأمور الدينية. ومن ناحيتها نفضت هيئة ناسا الغبار عن خططها الاستكشافية، كما راجعت ميزانياتها. ونشطت شبكة الإنترنت نشاطًا بالغًا فيما يتعلق بالمعلومات العلمية والتعليقات الجاهزة، كما تم التقاط الصور وتوزيعها الخاصة بـ **ALH 84001**، والتى استخدمت فى مئات من المحاضرات التى يغلب عليها الارتجال.

ولقد علمت بالأخبار فى البداية بأسلوب جاد، حين استيقظت من النوم صباح يوم ٧ أغسطس لأجد رسالة بالفاكس موجهة لزوجتى من أحد معارفنا بإنجلترا، يسألها عما إذا كنت فى زيارة للندن فى هذا الوقت، وذلك حالما استمعت المتسائلة لحديث لى فى إذاعة BBC عن الحياة فى المريخ. وإزاء ارتباكى فى مواجهة الأمر نحيت الرسالة جانبًا وتوجه عقلى لمشاهدة تليفزيون الصباح الأسترالى. وتبين لى تأكيدًا، وبدرجة كافية، أن القصة الكبيرة لناسا قد نشرت التقرير. وعلى التو أدركت ما حدث، وكان علىَّ أن أبتسم ساخرًا. حيث كنت لعدة شهور ألقى محاضرات وأُجرى مقابلات تليفزيونية حول العالم عن إمكانية أن الميكروبات داخل أحافيرها، قد وصلت لكوكب الأرض قادمة من المريخ (والعكس أيضًا) عبر الأحجار النيزكية. وبالتالى فإنه بعد نشر القصة الكبيرة لناسًا، عمدت الإذاعة البريطانية BBC إلى وسيلة حرفية اصطناعية بإذاعة حديث معى، كان مسجلاً حول الموضوع قبل عدة أسابيع من معرفة أيًنا – أنا والإذاعة – لأى شىء عن نتائج ناسا الجديدة. وللأسف فقد كان الإعلام الأسترالى أقل مهارة. فقد كان فريق تصوير تليفزيونى من هيئة الإذاعة الأسترالية / **Australian Broadcasting corporation (ABC)** قد زارنى، وذلك قبل شهر مضى، وتحدثت إليهم عن السيناريو الخاص بالحجر النيزكى، وحتى إننى رفعت أمام الكاميرا قطعة من الحجر النيزكى المعثور عليه ببلدة نخلة بمصر، مصطنعًا ما يشبه النكتة بأننى ربما يصيبنى تلوث ما جراء ذلك، وبالمصادفة كان مقرر لإذاعة هذا اللقاء يوم ٨ أغسطس، ولكن الـ ABC كانت قد قررت قطع الجزء من الحديث المتعلق بالميكروبات فى الحجر النيزكى المريخى، بسبب أنها كانت خيالية جدًا، أو لأنها أُعتبرت مثيرة للملل. وفى الوقت الذى أعلنت فيه ناسا عن نتائجها تلك، كان قد أصبح صعبًا إعادة الجزء المحذوف مرة أخرى وفات أوانه.

ومن المسائل المسلية أو المثيرة، كنتيجة لمقابلاتى التليفزيونية، التى بشرت بالموضوع هى قصة الديدان البيضاء **white worms**؛ ففى يناير ١٩٩٦ حضرت

مؤتمرًا فى لندن كانت القائمة عليه مؤسسة سيبا "Ciba Foundation". تحت عنوان «التطور فى الأنظمة البيئية الحرارية على الأرض (والمريخ؟)». **Evolution of Hydrothermal Ecosystems on Earth (and Mars)** وبسبب الاختصار الصحفى، فقد قدم البعض منا مداخلات عن، لماذا نعتقد أن الحياة على المريخ تشبه أكثر أن تكون راجعة إلى الأحجار النيزكية المريخية، والنظم البيئية المتعلقة بالمداخن السوداء على الأرض، بما فيها من ديدان أنبوبية الشكل، وعندما ظهرت فى تليفزيون الـ **BBC** فى الليلة نفسها، طُلب منى الحديث عن اكتشاف الديدان البيضاء على المريخ! وقد بذلت جهدى فى توضيح القصة، ولكن لم أذهب بعيدًا تمامًا. ولفزعى فإن نتائج ناسا عندما أعلنت، فقد تم التوسع فى أن الميكروبات الأحفورية تشبه الديدان البيضاء.

ولركوب موجة السعار التى سادت الإعلام فى هذا الشأن، فقد ظل ماكاى وزملاؤه فى حالة هدوء، ومتنبهين إلى أن النتائج السابقة للعلماء قد أُعلنت فى نفس ظروف الجعجعة التى صاحبت الإعلان الأخير، وفقط ليصير التراجع عنها فيما بعد. ولذلك كانوا معنيين بالضغط على أن العلامات التى عثروا عليها فى الحجر النيزكى تفتقد الدليل على أن كانت هناك مرة حياة على المريخ. وأنهم مجرد مصرّين مع الحدس القائل بالأصل البيولوجى المريخى. لقد كانت هناك حاجة لمزيد من العمل، وتجميع المزيد من المعلومات وعينة واحدة جديدة تعود بها إلى المهمات للمريخ سوف تجعل الأمر مؤكدًا. ولكن وجهة نظرهم، أن الحياة على المريخ هى التفسير الأكثر احتمالاً لكل الحقائق.

وأخيرًا ظهرت النواحى الفنية المعثور عليها فى مجلة العلوم **Sience**[١٢]. وقبل أن يجف الحبر كان التراجع المفاجئ والعنيف قد أخذ طريقه للظهور. حيث أبدى الخبراء تقديرهم النقدى للعمل: لا يمكن التحكم بدقة أو تمامًا من أن التلوث قد وقع فى كوكب الأرض بواسطة الـ **PAH**، وأن الأحافير الظنية تلك كانت أصغر كثيرًا من أن تصبح بقايا باكتيريا، وأنه لا باكتيريا قد عثر عليها فى عملية تقسيم

حبيبات الكربونات وهى مخزونة فى ظروف حارة جدًا، بحيث تسمح بالحياة. هـذا وقد اعتقد بعض المعلقين أن فريق ناسا كان محظوظًا بالنسبة للـشك فيـه. «لقـد قضيت كل حياتى العملية بحثًا عن أحفورات لميكروبات الأرشيا على الأرض، ولم أجد أبدًا ولو حِصَّة منها» هكذا علق لى شخصيًا أحد الجيولوجيين المتخصصين فى البحث عن الأشكال القديمة، ويدعى مالكولم والتـر **Malcolm Wolter** مـضيفًا. «بينما عثر هؤلاء الرجال على أحافير ميكروبية مريخية بـين عينـات عـشوائية مكونة من مجرد اثنى عشر حجرًا!».

وبالتأكيد فإن الحجم الصغير جدًا للحفائر هو اعتراض قوى. لأنه بمقيـاس ٥٠ نانومتر، فإن الميكروبات الأنبوبية تصبح أصغر بمعدل مائة مرة مـن معظـم الباكتيريا الأرضية. إنها بالفعل متناهية الصغر والسؤال حولها يكون: إلى أى مدى يصبح شىء بهذا الصغر، أى شىء، قابلاً للحياة علـى الإطـلاق؟ ولـو كانـت عضويات قاعدية للدنا. فلا بد أنها تحتضن أو تستضيف ١٠٠٠ زوج قاعدى فـى جيناتها وحتى هذا، فهو يتجاهل وجود أى نوع آخر من البنـاءات، مثـل جـدران الخلية والذى يقدر بـ ٢٥ نانومتر فى الباكتيريا الأرضية من حيث تخانتـه. هـل تستطيع الميكروبات المريخية المزعومة أن تقوم بالعمليات المعدنيـة المفترضـة، ووظائف التمثيل الغذائى الأخرى بواحد فى المائة من المتاح فى حيـاة الباكتيريـا الأرضية المألوفة. ينفى معظم الميكروبولوجيين ذلك. بينما يوافق كل من روبـرت فولك **Robert Folk** وليولينش **Leo Lynch** من جامعة تكساس بمدينـة أوسـتن، واللذين ادعيا بأنهما اكتشفا أشكالاً من الميكروبات ذات الطبيعة المعدنيـة والتـى سميت بـ: اللا باكتيريا **nonbacterial** هنا على الأرض، والتى يصل مقياسها من الجانب للجانب إلى ١٠٠ نانومتر[١٣]. وادعاؤهما ذاك شبيه بما قام به فريق فنلندى **Finish** اعتقدوا بأنهم استطاعوا عزل نانوباكتيريا من الدم البشرى[١٤].

وكان أكثر التحديات جدية للتفكير البيولوجى بشأن ملامح أو سـمات الـــ **ALH 84001** هو ما قام به كل من رالف هارفى **Ralf Harvey** من جامعة كـيس

ويسترن **Case Western University** وهارى ماك سوين **Harry McSween** من جامعة تينيسى. فقد عمد هذان الجيولوجيان المميزان إلى فحص ذلك الحجر النيزكى، وانتهيا إلى أن المادة الكربوناتية قد حُفظت أو خُزِّنت أو ترسبت فى درجة حرارة تبلغ على الأقل ٢٥٠° درجة مئوية، وهذه الدرجة من الحرارة من شأنها أن تدمر فورًا حتى الميكروبات الأشد تطرفًا فى نزوعها للحرارة الشديدة. ولكن فريق بحث ناسا واجه ذلك الاعتراض بقياسات نسبة النظير الأكسجينى بقولهم إن درجة حرارة التخزين أو الترسيب لم تتجاوز ٢٥٠° مئوية، وربما كانت أقل من ذلك بكثير. وللأسف، فقد تعرضت تحليلاتهم لبؤرة من الشك بسبب إمكانية فقد النظير الأوكسيجينى المشتعل فى الفضاء. وحتى وقت كتابة هذا، فإن هذا التعارض أو التناقض لم يجد حلاً له.

ومع ذلك فلم يكن كل العلماء متشككين، فقد حدث أن فريقًا من الباحثين فى الجامعة البريطانية المفتوحة **Britain's Open University**، أشاروا إلى أن فريق ناسا لم يكن أول من أعلن أو نشر دليلاً على نشاط بيولوجى فى الحجر النيزكى المريخى. حيث فى عام ١٩٨٩ قدم كل من أيان رايت **Ian Wright** ومونيكا جريدى **Monica Grady** وكولن بيلينجر **Colin Pillinger** تقريرًا بتحليلاتهم لحجر نيزكى مريخى أنتاركتيكى آخر **EETA79001**. ووصف العلماء الإنجليز، كيف عثروا على مادة عضوية «يتعذر تمييزها عن محتوى العضويات الأرضية، وذلك فى أعماق ذلك الحجر. وهو حجر يقل عمره عن ٢٠٠ مليون سنة. وهذا الذى عثروا عليه لا يدل بالضرورة على الحياة، ولكنهم استخلصوا وبمعرفة فعلية أن «التضمينات»، أو ربما التوريطات بشأن دراسات المريخ تعد من الأمور الواضحة»[١٥].

الطاعون القاتل القادم من الكوكب الأحمر:

ربما ينحو التاريخ إلى اعتبار يوم ٢٠ يوليو ١٩٦٩ كواحد من أهم أيام القرن العشرين، وهو اليوم الذى ترجلت فيه أقدام بشرية فى عالم آخر غير عالمنا،

ولكن عندما عاد كل من نيل أرمسترونج **Nail Armstrong** وبـز ألـدرين **Buzz Aldrin** وميشيل كولنز **Michael Collins** من رحلة القمر بعد أيام قليلة من هـذا الترجل. لم يتم الترحيب بهم مباشرة بالقبلات والأحضان. وإنما تم الدفع بهم ربمـا بخشونة إلى دولاب محمول بغيض الهيئة على سطح السفينة **USS Hornet**، وتـم تركهم للتلويح للنظارة فى العالم من شباك هذا الدولاب. وكان الهـدف مـن هـذه الإجراءات الاحترازية غير العاديّة هو تحقيق الحجـر الـصحى علـى الرجـال وحمولتهم من أحجار القمر بعيدًا عن عالمنا البشرى. ولو أن قلـيلاً مـن العلمـاء يعتقدون فى الميكروبات القمرية. إلا أن ناسا لم تشأ ترك أى فرصـة أو مغـامرة لانطلاق أى وباء مميت. وفى واقعة زيارة القمر، فقد كان سطحه من أكثر البيئات عقمًا وجدبًا، ولكن ظلت كل قواعد الحجر الصحى مكفولة لكل باقى مهمات أبوللو **Apollo**.

وعندما – وبالتبعية – أدلت ناسا بأصابعها فى الحياة على المريخ من خلال مهمات فايكنج، فقد تقلصت تعليمات الحجر الصحى من أجندة ناسا. ومع ذلك فقـد تصاعدت مرة أخرى أصوات المهتمين بالأمر. ولو أن هناك حياة فـوق المـريخ، واستطاعت ناسا إرسال مهمة بشرية إلى هناك، فماذا سيكون عليه الحال، لـو أن رجال الفضاء قد عادوا ومعهم حشرات مريخية خبيثة أو سامة؟ من يـدرى كيـف ستكون تبعات ذلك؟ لأنه بالنظر لخشونة بيئة المريخ، فإن ميكروبات المريخ ربمـا تنتشر كالنار الضارية فوق كوكبنا المتوازن والمستوى. والبـشرية ربمـا يُلهـب ظهرها بواسطة مرض فضائى غريب وغير قابل للشفاء، أو ربما تتأثر بـدورها، وبشكل قاس، محاصيلنا الزراعية، وبما يقود إلى مجاعة. والأكثر غدرًا من ذلـك، فهو أن تزدرد أو تلتهم هذه الحشرات المريخية مواد كيماوية حيوية كـالنيتروجين، وبالتدريج تقوم بتجويع كوكبنا من هذه المادة، وبما يؤدى إلى موت محقق أيضًا.

وهناك بالتأكيد أشكال من الدروس – غير المسرفة – من الأرض. حينمـا أطلق المقيمون الإنجليز الأرانب فى أستراليا، فقد أنشأوا بذلك بيئـة مُـدمِّرة. أمـا الميكروبات غير الأرضية، فيمكنها أن تبرهن على ما هو أكثر إماتة بكثير. وهـذه

المخاوف ربما توضع قريبًا تحت الاختبار. وأنا هنا لا أقترح مهمة بشرية للمريخ، لكي نصبح معرضين للعدوى الفضائية ومخاطرها. ذلك أن عودة مجسّ غير بشري من هناك – وهو مرحلة متقدمة من خطط البحث المريخي – يمكن أن يأتي معه بصخور خطرة من على سطح المريخ، حاملة معها عضويات حية أو جراثيم هامدة، أو في حالة سكون مؤقت.

ولو أن بعضًا من قصص الخيال العلمي قد قامت على تيمة الأمراض الفضائية المهلكة، فاتحة بذلك الذهن أو مبشرة بتفشي وباء مميت. فقد تجاهل العلماء هذا المشهد باعتباره نوعًا من الإتجار بالرعب. وقالوا بأن الميكروبات الفضائية يبدو أنها تختلف بشكل جذري عن العضويات الأرضية لدرجة أنها لن تشكل أي تهديد حقيقي. والحكمة الصحية تستدعي القول بأن أخطر الميكروبات هي تلك التي تتشابه مع مُضيفيها في البيئة العضوكيميائية الواحدة. وكان من رأي البيوفيزيائي توماس جوكس **Thomas Jukes** من بيركلي **Berkeley** أنه «ليس ثمة سبب لافتراض أن العضويات المريخية، سوف تستخدم الأحماض الأمينية، أو الشفرة الجينية اللتين تستعملهما الحياة الأرضية"[١٦]. فالميكروبات المريخية تستخدم نظمًا مختلفة جذريًا، لدرجة أنها لن تتعرف علينا وتميزنا كأحياء. وأشار جوكس إلى أنه لا أحد بمنجى من وباء يأتينا من أنتاركتيكا، مدللاً على ذلك بقوله: «أن الانعزال الفاصل يقلل أي خطورة من هذا النوع عبر تسببه في التطور النوعي». وهكذا استنتج جوكس أن الميكروبات أو الجراثيم المريخية ربما تكون حميدة أو أقل ضررًا من مثيلتها في أنتاركتيكا.

ولكن من الأفضل أن تبقى في أمان مما لو أصبحت آسفًا على شيء. وفي هذا المجال فقد قررت هيئة ناسا منذ زمن طويل أنها سوف تتجنب العودة بأي جراثيم فضائية. وثمة تقرير عن السياسة المستهدفة في هذا الشأن يقول: «يجب أن تكون الأرض محل حماية من أي مخاطر محتملة من أي شيء غير أرضي تحمله سفن الفضاء العائدة من كوكب آخر... السيطرة على الحياة العضوية والتلوث

البيولوجى اللذين تحملهما سفن الفضاء سوف يتم الترتيب لها"[١٧]. ومنذ فترة أكثر قربًا عمد «مجلس إدارة الجمعية الوطنية لدراسات الفضاء». **Nalional Research Counsil's Space Studies Board** إلى توجيه هدف لمجموعة بحثية ترأسها كلود كانيزاريس**Cloude Canizares**، والذى جاء تقريرها بعنوان العينات العائدة من المريخ: موضوعات مبدئية وتوصيات **Mar's Sample Return: Issues and Recommendations**، وأوضح أن الخطر الواعد أو المحتمل لتأثيرات ضارة ليس عند درجة الصفر، كما شلمت التوصيات عددًا من مقترحات الأمان. وعلى سبيل المثال: العينات العائدة من المريخ عبر سفينة فضاء لا بد من التعامل معها على أنها مصدر محتمل للمخاطر إلى أن يتم إثبات عكس ذلك، ويشمل ذلك سطح سفينة الفضاء، الذى كان مكشوفًا أمام بيئة المريخ والذى يجب تعقيمه قبل عودته للأرض[١٨].

لعله من الأسهل القول بأن ذلك قد تم. ولكن العمليات التعقيمية الفعلية كانت أشبه بإشكالية بعيدة التعقيد، لأن إطلاق كيماويات أو إشعاعات سامة على العينة أو موضعتها فى حرارة عالية جدًا؛ كل هذا قد يدمر جدواها العلمية. أما اقتراح المجموعة بتغطية السطح الخارجى لسفينة الفضاء العائدة من هناك بمادة تتميز بتقنية حرفية عالية، لكى تلهب هذا السطح فى الفضاء، فقد بدا اقتراحًا مُحطمًا من الناحية الإيجابية. والمقترح الأكثر عملية هو تعريض السطح الخارجى للمركبة لإشعاعات شمسية فوق بنفسجية. ومع ذلك فإنه لم يتم التوصل بعد لمنهج تعقيمى محدد.

طلب التقرير ذاته أيضًا أن يتم إعداد وسيلة للحجر الصحى الآمن قبل عامين كاملين على الأقل من رحلة المريخ، وأن يكون المسئولون عنها نخبة من الخبراء، بدءًا من إخصائيى الميكروبولوجيا، وانتهاءً بعلماء الأرض. وبصفة مبدئية، فإن أى عينات عائدة من هناك سوف تزن كيلوجرامات قليلة، بحيث يمكن إخضاعها لعملية تعقيمية واحدة درءًا للتلوث. سوف لا يكون هناك مرور بالقرب

من قطع الصخور المريخية من قبل المهتمين والباحثين المعمليين لمجرد إرضائهم بمثلما حدث مع العينات القمرية. وسوف يتم تصوير العينات بالأشعة، بحثًا عن علامات نشاط بيولوجي. وشرائح رقيقة من الأجساد البشرية، وأي عضويات أخرى، سوف يتم تعريضها لمواد من أجل اختبارها باثولوجينيًا أو أي مما يعرضها للأمراض، وللأسف فإن التكاليف الباهظة للإمداد بتسهيلات آمنة بشكل كامل بأمل إقصاء جميع المخاوف المحتملة قد تكون عائقًا جدّيًا. هذا وقد فكر بعض العلماء في بناء معمل خاص بالتلوث في مدار كوكب الأرض.

وجون رومل **John Rummel**، البيولوجي البحري في وودز هول **Woods Hole** وضابط الحماية الكوكبية السابق بهيئة ناسا، كانت وظيفته تنحصر في التأكد من أن سفينة الفضاء قد لوثت بغير قصد المريخ بحشرات أرضية، وبمعنى عدم إطلاق حشرات مريخية حرة على الأرض. وعليه فهل كان قلقًا بشأن التهديد بعدوى مميتة تأتينا من العينات الصخرية؟ ولقد أخبر أحد الصحفيين مؤخرًا بأنه، ولو أنه من المهم أن تتصرف هيئة ناسا بمسئولية، فإن أي ميكروب مريخي سوف يجد صراعًا يائسًا لو أنه قام بتلويث البشر المحجوبين عنه تمامًا، لأنهم من وجهة نظر الحشرات، سوف يكونون غرباء عنه تمامًا. «أنا لست متأكدًا أن أي شيء، يمكن أن يتواجد على المريخ، ربما يُشكّل أي تهديدات للأرض» هكذا كان قوله[١٩]. مكررًا به مناقشة أو جدل جوكس «إذا كنت كبشر قد تلوثت بشيء عضوي مريخي فربما سأكون الوحيد"[٢٠]. وقد وافق على ذلك ضابط الحماية الحالي بهيئة ناسا ميشيل ماير **Michael Meyer**. «المتفق عليه أن استحضار شيء قد يلوث البشر، هو عمليًا صفر»[٢٠](*). وكان جوكس أكثر تفاؤلاً، معتقدًا أن المخاطر قد بولغ فيها. وذلك حين أعلن: «ليس ثمة عدل أو تقويم عادل لصرف أموال للحجر الصحي على العينات المريخية العائدة من أجل حماية الأرض»[٢١].

(*) وهذا التذييل جاء مكررًا أيضًا في الكتاب، ولكن هذه المرة، لأن مصدر التصريحات هو المتحدث نفسه. (المترجم).

ولو أن معظم العلماء يستخفون بالرسائل الخطية أو الرسمية عن خطر الجراثيم المريخية، فإن الأمر قد برهن على أهميته بالنسبة لاهتمامات الناس. وبعض المجموعات أصبحت فى مربع أو زاوية التحديات القضائية. ويقول ماير «أنا لست قلقًا بشأن الباثولوجى، وإنما يتمثل أكثر كوابيسى شدة فى حشد من المحامين ينجحون فى وقف المهمة، لأنها لم تأخذ فى اعتبارها تلك الإمكانية»[٢٢]. وقد وافق على قوله روميل الجيوكوكبى فى هيئة ناسا والخبير فى وجود حياة على المريخ جاك فارمر **Jack Farmer** بقوله: «مسألة الحماية الكوكبية يمكنها أن تمثل ماردًا نائمًا، وبمجرد إستيقاظه، فقد يمكنه أن يقرر مستقبل مهام استكشاف المريخ»[٢٣].

وبالرغم مما تم من عناية كبيرة لتقليص مخاطر التلوث البين كوكبى، يبقى التهديد قائمًا بأنه لن يمكننا عمل شيء حياله على الإطلاق. الحجر النيزكى المريخى **ALH 84001**، جاءنا بلطف من الطبيعة الأم. وليس ثمة مهمة قام بها بشر ومرتفعة التكاليف ولا خطاف آلى كنا فى حاجة إليه، ليحضر هذا الحجر إلى الأرض. هذا والمجموعة المعروفة من الأحجار النيزكية المريخية لا تمثل إلا شريحة رفيعة من ملايين الصخور المريخية التى سقطت على الأرض، والتى ستستمر تسقط مستقبلاً، وبعض التقديرات ترى أن كمية المواد المريخية التى تضرب الأرض قد تصل إلى أكثر من مائة طن فى السنة. ولو أن ماكاى وزملاءه لم يكونوا على خطأ فيما ذهبوا إليه من أن الـ **ALH 84001** قد أتت بأحافير ميكروبات مريخية إلى هنا، فماذا لو أن أحجارًا نيزكية أخرى قد أحضرت ميكروبات حية؟

لقد سئلت مرارًا خلال العام الماضى بواسطة أجهزة الإعلام، عما إذا كنت أعتقد أن من سمات ذلك الحجر أنه مُرصّع بالفعل بالباكتيريا المريخية. والسؤال يبدو عادلاً ولكنه فعليًا يفتقد المعنى فى توجيهه. وكما يقال إن الدليل هو أمر نسبى. وكما افتقدت قولة ماكاى وزملائه للبرهان، فإن نتائج عملهم من المحتمل أن يتم

تقويمها فى ضوء ما نعرفه بالفعل فيما يشبه الحياة فوق المريخ[٢٤]. وإذا ما كانت الحياة فيما يفترض معظم العلماء، هى نتاج لواقعة غير متوقعة، فإن فرص بدء حياة مستقلة على المريخ تكون لا نهائية. (باعتبار أننا كوكبان اثنان فى نظام شمسى واحد). وبالنسبة لبعض العلماء فإن العلامات فى الحجر النيزكى ليست مؤثرة أو مثيرة للإعجاب إلى هذا الحد. ولكن من الناحية الأخرى، لو أن أحدًا كان معقولاً فى تسبيب الاعتقاد بأن ثمة حياة على المريخ منذ ٣,٦ بليون سنة مضت، فإن الدلائل التى قدمتها هيئة ناسا تكون بالضبط من النوع المتوقع العثور عليه. ولن يستغرق الأمر كثيرًا لإقناعى بأن الـ **ALH 84001** يحتوى على أحفورات حقيقية، لأننى أعتقد بدورى أنه كانت هناك حياة على المريخ من ٣,٦ بليون سنة ماضية. والسبب فى ثقتى بهذا المعتقد، لا يرجع إلى اعتقادى بأن الحياة ظهرت من خلال حساء مريخى بدائى (وربما تكون كذلك)، وإنما بسبب أن الكواكب لم تكن أبدًا محجوبة عن بعضها الآخر.

الهوامش

(١) المريخ وقنواته "**Mars and its Canals**" لـ: برسيفال لويل "**Percival Lowell**" **(Macmillan, New York, 1906, p. 376)**.

(٢) أعلنت ناسا **NASA** عام ٢٠٠٠ عن دليل أتت به مجسات المريخ (سيرفيور) **Mars Global Surveyor** عن أن المياه فاضت فى المريخ، ربما فى إحدى المرات الغابرة، وذلك بسبب سلسلة الارتفاعات المتطاولة فى الوسط من القاع والمدى أو النطاقات المرتفعة للنصف الجنوبى من المريخ، والمتكونة جميعًا من الناحية الجيولوجية فى وقت متقدم جدًا. (انظر فى ذلك: دليل على أرض مائية تشكلت قريبًا من الثلج الذائب على سطح المريخ "**Evidence for Recent Groundwater Seepage and Surface Runoff on Mars**" لـ: م.س. مالين "**M.C. Malin**" وك. س. إدجت "**K.S. Edget**". **(Scinece 288, 2330 (2000))**. وفيما بعد كشف المجس (أوديسا) الذى يدور مع مدار المريخ عن علامات لذرات هيدروجين موجودة فى التربة المريخية، وكان أفضل تفسير لها على أنها ترجع لجزيئات ماء فى الجلاميد السرمدية. وبجمع ذلك مع الدليل على وجود مياه ثلجية فى الطبقات القطبية تصبح كلتاهما مدعمتين لوجود مياه وفيرة فى المريخ، ولو أن معظمها فى شكل ثلج. ومع ذلك فإن تفسير وجود القنوات على المريخ كنتاج لمياه سائلة، قد قابله من ناحيته نيك هوفمان **Nick Hoffman**، من جامعة لاتروبى، **Latrobe** بأستراليا بتحدٍّ واضح والذى نسب هذه الملامح (القنوات) إلى طبقة طينية خفيفة متكونة من الترسبات وثانى أكسيد الكربون الغازى القوام. انظر: الأخاديد القطبية النشطة فى المريخ "**Active Polar gullies on Mars**" لـ: نيك هوفمان **(Astrobiology 2 (2002))**.

(٣) ثمة إشارة عن تدفق نهرى من خلال فوهات براكين فى الأودية المسماة **Valles Marineris**. كما وردت معلومات من **(Pathfinder)** تقترح نشاط بركانى قريب.

(٤) ثمة آمال بريطانية انعقدت على Beagle 2، دافع عنها من الأرض كولن بيلينجر "Colin Pillinger"، من الجامعة المفتوحة "Open University" والتى ظهرت كجزء من مهمة إيسا المريخية "ESA's Mars Express mission" وسوف تشمل متقابًا سيخترق التربة المريخية، ومن ثم قد يحمل مفاتيح عن الحياة من تحت سطح أرضه القريبة.

(٥) انظر على سبيل المثال: إمكانية وجود نظام بيئى كيميائى التركيب للقاطنين تحت سطح أرض المريخ **" On the Possibility of Chemosynthetic ecosystems in subsurface habitats on Mars"** لـ: بينيلوب بوستن **'Penelope Boston'** وميخائيل إيفانوف **Mikhail Ivanov** وكريستوفر ماك كاى **'Christopher McKey'** ولتقدير مبسط وميسر انظر لنفس المؤلفين «فى ظل ما هو غير محتمل الحدوث: الحياة تحت الأرض فى المريخ **'Considering the Improbable: Life underground on Mars'**.

(Icarus 95, 300 (1992)).

(٦) استطاع تيموثى كرال **Timothy Kral** من جامعة أركانساس **'Arkansas'** فى فايتيفيل **"Fayetteville"** أن ينمى بنجاح كائنات ميثانية فى ظل الظروف المريخية فى قنينة **Vessel** حملت اسمًا دراميًا «حجرة أندروميدا» **"Andromeda Chamber'** والتى احتوت جوًا معبأ بثانى أكسيد الكربون والهيدروجين. وبذلك يُفترض أن الهيدروجين ينطلق أو ينبعث من الطبقة تحت سطح الماء فى المريخ بنفس الطريقة التى تحدث على كوكب الأرض.

(٧) البحث عن الحياة فوق المريخ **"The Search for life on Mars'** لـ: كريستوفر ماك كاى **(Origins of Life and Evolution of the Biosphere 27, 263 (1997))** ولنظرة مبسطة وميّسرة انظر: **(Astronomy, August 1997, p. 38)**، كما أن هناك إمكانية أيضًا أن الصخور المدفونة فى الأغطية الثلجية قد تدفأت أثناء النهار وأذابت طبقة رفيعة من المياه التحت سطحية والتى قد تدعم الحياة لفترات قصيرة.

(٨) لمراجعة قريبة لمشاهد استكشاف آثار حياة على المريخ انظر: البحث عن الحياة على المريخ "The Search for Life on Mars" لـ: مالكولم والتر "Malcolm Walter»."

(Allen & Unwin, Sydney 1999)).

(٩) محتويات الغاز النبيل من الشيرجوتيتات **Shergottites**، وتطبيقات عن الأصل المريخي للحجر النيزكي "SNC".

Noble gas contents of shergottites and Implications for the maritian " origin of SNC meteorites" لـ: د.د. بورجارد **D.D. Bogard**، و ل. إي نيكويست **"L.E. Nyquist"** و ب. جونسن **"P. Johnson"** وجيوشيم كوزموشيم **" Geochim Cosmochim". (Acta 48, 1723 (1984))**. ولتقدير مبسّط وميسور انظر: حَجَرٌ، قُذف به من بين الكواكب **"A stone's throw from the planets"** لـ: أندرو تشيكن **"Andrew Chaikin». (Sky and Telescope, February 1983, p. 122)**.

(١٠) إفادة من دانييل س. جولدنج مدير هيئة ناسا.

"Statement from Daniel S. "Golding, NASA administrator". (NASA News, Johnson Space Center, Press Release, 6 August, pp. 96-159).

(١١) مصدر الـ **"The Source of ALH84001" ALH84001** لـ: دافيد ميتلفيلدت **"David Mittlefehldt"**

(The Planetary Report 17, 5 (1997)).

(١٢) البحث عن الحياة السابقة على المريخ: إمكانية وجود بقايا لنشاط بيولوجي في الحجر النيزكي المريخي **"ALH84001"** .

Search for past life on Mars: Possible relic biogenic activity in Martian " meteorite ALH84001" لـ: د.س. ماك كاي **"D.S. MeKay"** وآخر **(Science 273, 924 (1996))**، وثمة مراجعة قريبة في: حالة وجود حياة على المريخ **" The case**

وآخـــــر "Everett Gibson" لـــــ: إيفـــــريت جيبـــــسون "for life on Mars
.(Scientific American 277, 36 (1997))

(١٣) الدور الممكن للنانو باكتيريا (الباكتيريا المتقزمة) فى الأوحال المعدنية الثنائية التكـــاثر، وأهمية إعداد العينات فى دراسة SEM المبالغ فيها أو المُعظَّمة.

The possible role of nanobacteria (dwarf bacteria) in claymineral " diagensis, and the importance of sample preparation in high Leo "وليـــولينش "Robert Folk" لـــ: روبرت فولك "magnification SEM study ومنذ فترة (Journal of Sedimentary Research 97, 583 (1997)). Lynch" أكثر قربًا ادعى فيليب أووينز Philipp Uwins وزمـــلاؤه مـــن جامعـــة كـــوينز لانـــد "Queensland" بأنهم تمكنوا من عزل عضو حى نانوى الحجم: انظر عضو حى نـــانوى جديد فى الحجر الرملـــى الأســـترالى " Novel nano organism from Australian "sandston" لـــ: فيليب يووينز وريـــشادر ويـــب "Richard Webb" وأنتـــونى تـــايلور .«Anthony Taylor" .(American Mineralogist 83, 1541 (1998))

(١٤) النانو باكتيريا فى الدم هى أصغر وكيـــل اســـتيلادى ناســـخ مـــستقل علـــى الأرض **Nanobacteria from blood, the smallest culurable autonomously " replicating agent on Earth"** لـــ: أولافى كاجاندر **"Olavi Kajander"** وآخر.

(SPIE (The intenational Society for Optical Engineering 3111, 420 (1997)).

(١٥) المواد لعضوية فى الحجر النيزكى المريخـــى **" Organic Materials in a martian meteorite"** لـــ: آى. ب. رايت **"I.p. Wright"** و م.م. جرادى **"M.M. Grady"** و س.ت. بيللينجر **"C.T. Pillinger" (Nature 340, 220 (1989))**.

(١٦) دروس من التطور: السيطرة على المخاطر **" Lessons from evolution: ruling out danger"** لـــ: توماس جـــوكز **"Thomas Jukes"**. **(The Planetary Report 14, 14 (1994))**.

(١٧) ستجدها فى: إلى حيث لم يذهب أحد: ما الحماية الكوكبية على أى حال؟ " Where no one has gone before: what is planetary protection anyway?" لـ: جون رومل "John Rummel" وميشيل ميير "Micheal Meyer". (The Planetary Report 14, 5 (1994)).

(١٨) عودة عينة مريخية: أفكار مبدئية وتوصيات " Mars Sample Return: Issues and Recommenda-tions" لـ: كينيث نيلسون "Kenneth Nealson" وآخر.

(National Academy Press, Washington (1997), p. 3).

(١٩) مقابلة مسجلة مع تيم رادفورد "Tim Radford" من الجارديان " Guardian" (U.K) فى العام ١٩٩٦.

(٢٠) اقتباس من: الكون الطبيعى The natural Universe لـ: رايدرميللر Ryder Miller.

(Mecury 26, 28 (1997)).

(٢١) انظر التذييل رقم ١٨ نيلسون وآخر، ص ١٥.

(٢٢) انظر التذييل رقم ٢٠.

(٢٣) اكتشاف دلائل فى المريخ عن حياة قديمة أو حالية قواعد المهام المعتمدة على الروبوت أو القائمة على الإنسان " Exploring Mars for Evidence of Past or Present Life: Roles of Robotic and Human Missions" لـ: جاك د. فارمر " Jack D. Farmer" وهو تلخيص لبحث تم تقديمه فى مؤتمر «الأصول» الذى انعقد فى حديقة إستس "Estes" بكلورادو فى مايو ١٩٩٧.

(٢٤) هذه الفكرة الحدسية يمكن مساواتها مع ما يسمى قاعدة بييز "Bayes rule"، والتى تعود عادة على الدليل المقدم فى المحاكم. وعلى سبيل المثال افترض أن متهمًا قد حُوكِمَ واقترب من الحكم بأنه مذنب، ثم تم تقديم طبعة إصبع إضافية للمحكمة، وتم اطلاع المحكمين

Jury أن فرص بصمة الإصبع القائمة على المصادفة هى عشرة إلى واحد. فإن هذا سيكون كافيًا لإدانة المتهم. ومن الناحية الأخرى إذا بدا أن المتهم اقترب من البراءة. وبصمة الإصبع كانت أقل قيمة أو أهمية فستكون من المغالطة التوصل لنتيجة فى حالة العشرة إلى الواحد تلك بأن هناك ٩٠٪ من الفرص للإدانة. المميزات من اللازم موازنتها بالاحتمالات الأولية للإدانة قبل أن تتم حوسبة الأرجحية الكليّة. وفى حالة الحياة على المريخ، فإن الاحتمـــال المبـــدئى يتنوع دراميًا من الاقتراب بالطبع إلى الصفر إلى حد شيء قريب من الواحد، اعتمادًا علـــى افتراضك حول «الديدان فى كل مكان **"Panspermia"** (انظر: الفصل التاسع).

الفصل التاسع

«بانسبيرميا»(*) Panspermia

دعنا نتخيل موقعًا فى عمق الفضاء الخارجى، على بعد سنوات ضوئية من أقرب النجوم. وكل ما حولك هو هاوية مما كان قبل تشكُّل الكون، مظلمة إلى حد السواد ودرجة الحرارة تحوم حول ما هو أكثر بقليل من الصفر المطلق، يمتد فيها الفراغ أو الخواء الغائر فى كل الاتجاهات، ولا يشغله سوى القليل من البذرات المتناثرة، وقليل أيضًا من الإشعاعات الكونية الصدفوية والسريعة الزوال. وفى وسط هذا الفراغ الفسيح، ومن دون توقع، وجدت حبة أو ذرة منفردة من مادة، وصغيرة جدًا إلى الحد الذى لا تلحظها فيه العين المجردة. وتجدها مندفعة دونما يعوقها شىء فى عبورها للمجرة من دون هدف محدد تصبو إليه. وحتى لو تيسر لك استخدام ميكروسكوب قوى فلن تثيرك، حيث ستبدو لك كبقعة من التراب. والواقع أن هذه البقعة الترابية ليست مجرد تراب، وإنما هى بوغة بكتيرية، وذلك من خلال بحث أكثر قربًا.

وهذه البوغة لا تظهر علامات واضحة تشير إلى الحياة، فهى داخل غطاء غليظ يحميها. ستجدها هزيلة متخلصة من الماء بعنصرية وفى حالة ساكنة، إنها مجرد جزىء قادر فقط على الحركة فى مثل هذه البرودة الكثيفة. وهى فى حالتها تلك قد تعرضت لإشعاعات كافية لقتل آدمى، وما هو أقوى من الآدمى لأكثر من ألف مرة. ومع ذلك وعلى نحو مباشر فهى ليست ميتة، كما لا يمكن واقعيًا

(*) ويعنى بها التعبير الذى نحته الكيميائى السويدى سفانت أرهينيوس Svante Arrhenius، بما يفيد: «البذور فى كل مكان»، وسيلى شرح النظرية فى ثنايا الفصل (المترجم).

إعتبارها حية كذلك، فهى لا تفعل شيئًا سوى الانتظار. وهى ربما تنتظر بليون عام، بل ربما للأبد. ولكن هناك فرص لا نهائية العدد بأنها ستصل يومًا ما إلى كوكب فيه ماء سائل. وحينئذ وفجأة بعد ألف ألف عام من الكسل الذى لم يقلقه شيء، فإن البوغة سوف تعود من مثل هذا الشبيه بالموت، حيث روحها البكتيرية سوف تبدأ فى الاهتزاز، وبنك ذاكرة المعلومات الجينية فيها سوف يستشعر الدفء، وسوف أيضًا تعود دورة التمثيل الغذائى فى مباشرة وظيفتها وعلى الجملة سوف تستعيد حيوتها الكاملة مرة أخرى. وعند حدوث ذلك، فسوف تبدأ فى مضاعفة ذاتها مرات ومرات، كما كانت من قبل خلودها للسكون. فالكوكب الجديد سيكون عامرًا بما يساعد على تخصيب الحياة. وهو أيضًا ربما يكون بالذات كوكب الأرض.

ذلك السيناريو قد لا يكون قابلاً للتصديق بالكامل على الأقل ظاهريًا. لكن حديثًا أُخذ على محمل الجد عبر عدة تجارب استهدفت اختبار جديته. ففكرة أن العضو الحى يمكنه أن يتكاثر عبر الفضاء سواء بالطريقة التناسلية أو الأسلوب اللا تزاوجى، كانت طويلاً فى الأذهان. ففى عام ١٨٢١ اقترح «سيلز جيون دى مونتليفو» **Sales- Gyon de Montlivault** أن بذورًا جاءتنا فى الفضاء هى التى قدحت زناد الحياة. وبعده بقليل اقترح الفيزيائى الألمانى «هـ. ريختر» **H.E. Richter** أن الأحجار النيزكية أو المذنبات التى تماسّت مع أجواء الكواكب ربما تكون جرفت معها أنظمة ميكروبية طافية فى تلك الأجواء ونقلتها إلى كواكب أخرى.

وباستدارة القرن العشرين طور الكيميائى السويدى سفانت أرهينيوس **Svante Arrhenius**. هذه النظرية من خلال مزيد من التفاصيل. فقد اقترح أن البواغى المنفردة الباكتيرية تستطيع أن تطوف فى الهواء حول المجرة وهى مغمورة بطبقة رفيعة، ولكن متراكمة من ضغط ضوء النجوم. والأرض الناشئة أو الوليدة فقد غمرتها فيما يشبه المطر هذه البواغى الساكنة أو الهامدة

ولكنها مازالت قابلة للحياة من جديد، وربما برهنت الأرض على أنها هدف مرغوب لهذه الحشرات الفضائية، وذلك بمجرد أن برد سطح الأرض بدرجة كافية. وقد سمى أرهينيوس هذه النظرية بـ: بانسبيرميا **Panspermia**، يريد بها أن البذور فى كل مكان[1]. وهى الفكرة التى روجعت مرات عديدة منذ نشر المفهوم الرئيسى لها.

وحتى الآن فى هذا الكتاب فقد افترضت أنها مهما كان اللايقين بشأن «أين» و«كيف» فإن جذور الحياة ترجع للأرض. ولكن هل نحن متأكدون من ذلك وكيف نتأكد؟ وحقيقة أن الحياة قد أنشأت نفسها على كوكب الأرض بعد قليل من تحول الظروف إلى شيء مرغوب، هذه الحقيقة جعلت البعض يقترح أنها لا بد جاءت من الفضاء الخارجى، وأن الإحياء النشوئى الحقيقى قد حدث فى مكان ما آخر فى الكون.

البقاء حيًّا فى الفضاء:

هل من الموثوق به أن العضويات الحية تستطيع أن تبقى حية خلال رحلة فى الفضاء؟ من الصعب جدًا أن يكون الفضاء الخارجى بيئة مريحة للحياة. فإلى جانب الفراغ القاسى والضغط المنخفض، فهناك الإشعاع: والذى يتضمن الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس، وبروتونات عالية السرعة من المتوهجات الشمسية، والأشعة الكونية. وهذه الظروف سرعان ما يتضح أنها مهلكة لأى شكل من أشكال الحياة المعروفة. ومع ذلك، وبالرغم من تلك المخاطر، فليست كل النظم الحية تلقى منيتها من فورها وبسرعة فى الفضاء الخارجى. فالباكتيريا مثلاً لها قدرات أسطورية على البقاء، وعليه فهى تظهر سهولة فى التكيف والحركة الارتدادية للحياة بعد همود، مهما طال وقته فى مثل هذه المشارطات الفضائية!

وقد استخدم العلماء من المعهد الألمانى لطب الفضاء **German Institute for Aerospace Medecine** تقرير هيئة ناسا «مدى إمكانية التعرض الطويل» **Long Duration Exposure Facility** لمعرفة ماذا يحدث للعصويات الرقيقة **Bacillus subtillis**[٢]،[*] فى الفضاء. فقد مكنت سلسلة من الفلاتر العلماء من الاختبار المنفرد لتأثيرات الفراغ الفضائى، والأشعة فوق البنفسجية الشمسية والكونية فضلاً عن الأشعة الكونية ذاتها. وباسترداد العينات من التجارب على تأثير الفراغ الكونى فلم يبق قابلاً للحياة إلا ما يصل إلى ٢٪ فقط من الخاضعين للتجربة. وبوجود طبقة من السكر والملح أضافت تحسنًا على المشهد. وبالنسبة لاختبار جميع أنواع الإشعاعات فلم يبق قابلاً للحياة سوى ١ من كل ١٠,٠٠٠، ولو أن ما عليها من حجاب (الكيس الذى يغطيها) قد حماها من الأشعة الفوق بنفسجية الشمسية على نحو هائل.

ومن ناحيتهم، فقد أثبت أيضًا العلماء فى اليابان أن الكثير من الميكروبات الجزيئية من خلال تجارب معملية مشابهة صممت على أساس مشابهة الظروف الفضائية لمدة ٢٥٠ سنة[٣]. فقد أحكموا غرفة فارغة تمامًا على بواغ من «العصويات الدقيقة»، وقاموا بتبريدها إلى درجة ١٩٦ مئوية وأمطروها بوابل من البروتونات السريعة من خلال مولد من نوع «فان دى جراف» **Van de Graaff** لمدة ٢٤ ساعة متصلة، فوجدوا أن نصف العينات فقط هى التى تحملت البقاء فى ظل هذا الانقضاض الضارى، بينما ذهب السبق لصالح نوع من فيروسات الدخان الشبيهة بالفسيفساء، حيث بقى حيًا منه فى نهاية التجربة ما يقرب من ٨٥٪ من الفيروسات.

(*) ويطلق هذا الاسم على الجرثوم الدقيق الذى يشبه العصا فى شكله، وجمعه عصيات أو عصويات وهى المسببة لالتهاب القولون والأمعاء والملتحمة، وعندما يطلق كلمة Bacillus وحدها دون تحديد فتعنى مجموعة من ثلاث، الجمرة الخبيثة anthracis والشمعية cereus وتلك الموضحة أعلاه (المترجم).

كما ذهب كل من بيتـــر ويبـــر **Peter Weber** ومـــايو جرينبـــرج **Mayo Greenberg** من جامعة ليدن **Leiden** بالأراضى الواطئة (هولندا) إلـــى بحـــث[٤] تأثيرات الإشعاعات الفوق بنفسجية (وهى أكثر أشكال الأشعة إهلاكًا فى الفـــضاء)، حيث قاما بتبريد البواغى فى غرفة خالية أيضًا إلى درجة ٢٦٣ مئوية تحت الصفر (بالضبط أعلى من درجة الصفر المطلق بعشر درجات)، وذلك لخلق الـــشبه بينـــه وبين برودة الفضاء العميق، بينما وجهوا إليها حزمة من الأشعة فـــوق البنفـــسجية تصدرها لمبة خاصة. وفيما يعادل حالة التعرض لضوء نجمى لمدة ٢٥٠٠ ســـنة، قتلت ٩٩,٩ فى المائة من العضويات الحية. ومن الغريب ما بدا من أنهـــا تميـــل للبرودة، حيث تتزايد مدد بقائها بشكل ملحوظ فى درجات الحرارة البين نجمية.

مثل احتمال هذا الأثر الإشعاعى يتيح معنى للتطور، ما لم تكن الحيـــاة قـــد قضى عليها عبر إشعاعات «عنق الزجاجة» بما يعنى ظروفًا صعبة فى مرحلة من مراحل الماضى. وإذا كانت بعض الميكروبات قد أُجبرت على التكيف مـــع هـــذه الإشعاعات الشنيعة للفضاء الخارجى، فإن مثل تلك القدرة قد تكـــون باقيـــة فـــى عضويات يومنا هذا.

وقد سجل «هويـــل» **Hoyle** وويكرامـــا ســـنجى **Wikramasinghe** حالـــة باكتيريـــا مـــن النـــوع الكـــروى الـــشكل النـــزاع للإشـــعاعات **Micrococcus radiophilus**(*) والتى لديها مقاومة مدهشة للإشعاعات، والتى أظهرت آلية خاصة لإصلاح شرائط الدنا، والسابق تأثرها بشدة من جـــراء أشـــعة إكـــس[٥]. وهـــذه الكرويات الصغيرة الماهرة تشبه كثيرًا أن تكون من نتاج بيئة بين نجمية.

ومهما كانت القوى المدهشة اللازمة لمقاومـــة التـــدمير الإشـــعاعى، فـــإن فرص بقاء ميكروب حـــى فـــى رحلتـــه بـــين الـــنظم النجميـــة ســـوف تكـــون متزايدة، لو أن الأشعة كانت محجوبة عنه ولـــو جزئيًـــا، ولـــو أيـــضًا بطريقـــة

(*) وهى: عضويات ميكروبية بالغة الصغر ذات شكل كروى (المترجم).

مبرقعة. وقد اقترح ويبر وجرينبرج أن الميكروبات قد اعتلت إحدى السحب البين نجمية والتى يمكن أن تمثل لها نوعًا من الحجاب أو الوقاية. ومثل هذه السحب مألوفة فيما بين الذراعين اللولبيتين للمجرة، وفيما بين كل قليل من عشرات الملايين من السنين يمر النظام الشمسى عبر واحدة منها. والميكروبات الموجودة فى أعلى الغلاف الجوى للأرض، يمكن لمثل هذه السحابة أن تكنسها أمامها، وربما لتنقلها إلى نظام نجمى آخر. ومن ثم، وعلى سبيل الإنطلاق فى المجال، فإن أى ميكروب غريب مقيم فى سحابة، ربما ينتقل إلى الأرض. ومن الناحية النموذجية، فإن السحب تتحرك بسرعة تقترب من عشرة كيلومترات فى الثانية، وهى بالتالى تستغرق ما يقرب من مليون سنة للمرور من نجم إلى نجم. وبالرغم من رقتها بالمقاييس المعتادة، فهى كبيرة الحجم لدرجة تستطيع بها أن تعوق الكثير من الإشعاعات. وأيضًا يستطيع أى ميكروب مطوف فى الهواء أن يلتقط الكثير من المتطايرات الأخرى، مثل الثلوج والعضويات فى أثناء مروره بها، مما يشكل بالنسبة له مزيدًا من طبقة الحماية. وقدر كل من ويبر وجرينبرج أن هذا الغطاء التجميعى يمكنه أن يحمى من الإشعاعات الكونية ويطيل مدة بقائهم لعدة ملايين من السنين، وهو وقت كاف لبلوغ نظام نجمى آخر.

والمشكلة مع البوغ المرتحل تكون لدى وصوله لنظام نجمى آخر فهو هنا سيتلقى جرعة ضخمة من الأشعة فوق البنفسجية، وإن لم يكن عليه غطاء مناسب من مواد قابلة للامتصاص، فسيقترب منه «الموت». ولذلك كان حدس[٦]. «بول ويسون» **Paul Wesson**، من جامعة واترلو بكندا، يتحصل فى أن الـ «بانسبيرميا» قد تصل إلى مقرها الجديد وهى مغطاة بما يكفى من «السخام». وذلك أن النجوم خلال تقدمها فى العمر تنفث تيارًا من نقاط الكربون. والميكروب الملقى تحت رحمة الهواء فى الفضاء البين كوكبى يمكن أن يصبح – على نحو مفهوم – مرشوشًا بقاذورات أو أوساخ تكفيه لتخطى محنة الأشعة فوق البنفسجية.

وبالطبع فليس من الضرورى لنجاح عملية الـ «البانسبيرميا» أن ينجو كل ميكروب فضائى يطوف فى رحلة ما بين النجوم، لأنه يكفى نجاح باكتيريا واحدة فى البقاء والعثور على كوكب مناسب ليكون بالنسبة لها موطنًا[٧]. لأن الحياة يمكنها أن تتناثر حول الكون لو أن الميكروبات قد ماتت رسميًا لدى وصولها. وطبقًا للنظرية العالمية للرنا، وطبقًا لتجارب «سبيجلمان» **Spiegelman** و «إيجن» **Eigen**، التى تناولتها فى الفصل الخامس، فإن «حساء» بدائيًا كيماويًا يمكن أن يُقدح فيه زناد الحياة والتكاثر من خلال إعادة الطبع، لو أُضيفت إليه طبعة رنا مناسبة، ومجرد شريحة طويلة من الرنا ربما تعاود بدء العملية كلها الخاصة بالنشوء الإحيائى ولو بشكل بدائى: ومن الناحية التقنية فإن الحياة يمكن أن تنشأ مجددًا، ولكن بإضافة سوفت وير حيوى كجزء مُقَدَّم للعملية عبر الفضاء الخارجى.

ومع أن تلك الأفكار الخاصة بالـ: «بانسبيرميا» العارية تعتبر مثيرة ومسلية، فقد وجدت من الصعب أخذ النظرية بجدية. فى حين أن انتقال العضويات المعزولة والمعرّضة بين الكواكب هو أمر ممكن نظريًا فإن الخلافات كثيرة ضدها. فالأمر لا يشبه الكثير من الحالة النموذجية أن ترتحل الميكروبات عبر المجرة فى وقت نجد فيه الإشعاعات بهذه الكثرة المهلكة. ومع ذلك فثمة طريق آخر للميكروبات لكى تقوم بهذه الرحلة بشكل آمن نسبيًا، وهو المتمثل فى أن يمتطوا حجرًا نيزكيًا.

هل جاءت الحياة للأرض عبر الأحجار النيزكية؟

فى عام ١٨٤٣، حصل الكيميائى جونز برزيليوس **Jons Berzelius** على عينات من حجر نيزكى سقط بالقرب من مدينة «آليى» **Alais** بفرنسا. وبعد أن أخضعها لتحليلات كيماوية مُدققة كتب تقريرًا عن محتوياتها. ونعلم أن معظم الأحجار النيزكية ذات طبيعة حجرية أو معدنية، ولكن برزيليوس رصد فيها وجود

مجمعات كربونية. والكربون قد يعنى أشياء عديدة، ولكن بالنسبة لـه فهو يعنى الحياة. وعليه فهل يتضمن كربون هذا الحجر الساقط فى فرنسا أن ثمة حياة فى غير كوكب الأرض؟ لقد ترك بزريليوس السؤال معلقًا، ولكن باحثين جاءوا بعده كانوا أكثر صراحة ومباشرة فقد استطاعت «مارسلين بورثيليت **Marcellin Borthelot** أن تعزل مادة شبيهة بالفحم **(Coal-like)** من الحجر النيزكى أورجويل **Orgueil** لعام ١٨٦٤ والذى كشف تحت الميكروسكوب عن حبوب كروية مغطاة بمادة كربونية، وهو ما ذَكّرها بأحفورات الخلايا الباكتيرية.

مع نهايات الثمانينيات من القرن الماضى أعلن بشكل مباشر الجيولوجى الألمانى «أوتوهان» **Otto Hahn** أنه اكتشف مدى عريضًا من أشكال الحياة الأحفورية المدفونة داخل عينات متنوعة من الأحجار النيزكية، ومنها المرجان **Carals**(*) مثلاً، ولم يؤخذ وقتها ادعاء هان فى الحسبان رغم ما له من تأثيرات. وقال النقاد إنه ربما ذهب بعيدًا فى ملاحظته، حين عثر على بعض المعدنيات المتضمنة على نحو زائف ما يشبه الأشياء الحية، مثل الناس الذين يرون وجوهًا على الحجر وفى السحب، ومع ذلك فقد أمسكت فكرة أن الحياة جاءت على الأرض على قمة حجر نيزكى بأذهان العلماء العديدين، ولم تزل الدعاوى القائلة بوجود أو اشتمال الأحجار النيزكية على علامات للحياة مستمرة إلى اليوم.

ومثل هذه الدعاوى لا يمكن إخضاعها بدقة للاختبارات ما لم يحدث تقدم فى التقنية العلمية. ومع ستينيات القرن الماضى حث التقدم الهائل فى التحاليل الكيماوية كلاً من «بارثولوميوناجى» **Bartholomew Nagy** و«جورج كلاوس» **George Claus** من أمريكا على إعادة النظر على حجر أورجيل **Orguel** النيزكى. باستخدام مقياس طيف كبير، وأكدًا وجود مواد عضوية وتنوعًا من مركبات معقدة من الهايدروكربون. وكانت هذه هى مجرد البداية لأن ناجى وكلاوس أبديا أيضًا

(*) نوع من الحجر القرنفلى اللون أو أحمر فى العادة، وهو الذى يتشكل من عظام الحيوانات البحرية الصغيرة، كما يتسمى به نوع من أنواع السمك. (المترجم).

أنهما اكتشفا ما اصطلحا على تسميته «عوامل منظمة» **Organized elements**، وأضافا إلى ذلك الخلاصة المؤثرة التى انتهيا إليها بأن المادة العضوية فى الحجر النيزكى كانت تشبه أن تكون ذات أصل عضوى[8].

وكما هو متوقع، فقد أشعلت هذه التصريحات عاصفة من الانتقادات. فالهيدروكربونات تنوعت نسبتها أو إرجاعها للتلوث الأرضى أو العمليات الكيماوية الأرضية. وقد قَبِل كلاوس بتواضع بعض هذه الانتقادات، واتجه لإجراء مزيد من الدراسات. ولم يكد الحجر يستقر فى مكانه حتى أتت ضربة الحظ فى ٢٨ سبتمبر ١٩٦٩ حينما شوهد حجر نيزكى يسقط بالقرب من بلدة مورشيسون» **Murchison** فى الجنوب الشرقى من أستراليا. وحدث لهذا «الشىء» أن انفجر فى قلب الهواء قبل وصوله، ناثرًا على الأرض الريفية العديد من الشرائح. وشرع السكان المحليون فى التقاط قطع غليظة وغريبة المظهر من الأحجار السوداء، الصادرة عنها رائحة قوية نفاذة مشبعة بالميثانول. وسرعان ما أصبح ذلك مثارًا لاهتمام جون لوفيرنج **John Lovering** من جامعة ملبورن، والذى أبدى تقديره الفورى لطبيعة تلك المواد. لقد كان حجر مورشيسون ينتمى لنوع يعرف بالمعتمدات على الطبيعة الكربونية (أى يمثل الكربون عمودها الفقرى) **Carbonaccous chondrites**، والذى يتميز بالثراء العضوى، ولذلك دامت الرائحة المتميزة حتى يومنا هذا.

ومنذ استعادة تلك الشرائح المورشيسونية، فقد صارت موضع إثارة الكثير من مشاهديها، وتم إخضاعها لمجموعة اختبارات توصلت لنتائج لا تخطئها العين أو العقل، فمن بين ما عثر عليه نوع من الأحماض الأمينية المستخدمة فى الحياة الأرضية ونوع آخر غير ذلك. وهذا ما أبرز السؤال الواضح: هل هذه العناصر العضوية هى البقايا المتلاشية لعضويات من خارج الأرض؟ أو أنها شكل من أشكال العمليات الكيماوية البسيطة؟ وثمة عامل قد حُمِّل على هذا السؤال، وهو اكتشاف أن بعض الأحماض الأمينية فى ذاك الحجر لها محور يسارى الموضع،

فوق اليمينى الموضع للسكان الشمسيين. وكما شرحت فى الفصل الثالث أن واحدًا من السمات المميزة للحياة على الأرض هو صناعتها واستخدامها أحماضًا أمينية متنوعة، ولكنها يسارية المحور فقط، ومن ثم، فإن الخط الانحرافى ذاك فى الحجر النيزكى قد يجعلنا نفكر فى أصل بيولوجى، ومن الناحية الأخرى، فمن المعروف جيدًا كعمليات فيزيائية (مثل الإضاءة بنور تم استقطابه) ما يمكنه أن يعزز تركيب الأحماض الأمينية يسارية المحور[٩].

وقد أثبت حجر مورشيسوس شيئًا واحدًا على الأقل. وهو أن هناك أشياء فى الفضاء محملة بنوع من المجمعات العضوية التى تحتاج لبدء الحياة. وهذا لا يتطلب «حساء» بدائيًا على الأرض لتركيب «لَبِنَات» بناء الحياة. هذه العناصر يمكنها فقط أن تسقط من السماء جاهزة الصنع.

هل أتت الحياة الأرضية من المريخ؟

بالرغم من أننى قضيت العمر فى مجال البحث العلمى، فلا أستطيع تذكر أكثر من دستة من الأفكار الجذرية الحقيقية، وقد كنت أحلم بدخول هذه الأفكار الجيدة بالتدريج إلى وعيى الذاتى، وتختمر فيه قطعة بقطعة أثناء استغراقى فى العمل. أما الكشف المفاجئ والومضات العمياء للبصيرة، فأعتقد أنها قليلة فعليًا فى المجال العلمى. وواحدة من اللحظات التى لا أنساها والتى حدثت لى فى يوليو ١٩٩٢، عندما كنت أتابع محاضرة يلقيها «لليود هاميلتون **Lloyd Hamilton** عبر مؤتمر أو لقاء أعدته «الجمعية المشتركة بين أستراليا ونيوزيلندا لتقدم العلم **Australian and NewZealand Assocition for the Advcement of Science** بمدينة برسبين **Brisbane**، وكان المحاضر يتحدث عن المناخ التحت أرضى، مناقشًا فى ذلك عمله عن العضويات التى تعيش فى الصخور الأرضية. وبعيدًا عن موضوع المحاضرة، ولكن أثناءها، فقد خطر لى أن الأحجار الواضحة الصلادة

يمكن أن تعيش بداخلها ميكروبات، وإذا كانت الأحجار يمكنهـا أن ترتحـل مـن المريخ للأرض (أو العكس) عبر حطام التصادمات الكونيـة، ومـن ثـم تـصبح الميكروبات نوعًا من المقتبسات المُختصرة وتقوم بتلويث الكواكب خلال عبورهـا بينها. لأنها مع الأحجار كوقاء يحميها، فستكون رحلتها أقل تعرضًا للمخاطر، عما كانت عليه في نظرية «أرهينيوس»، وبصفة خاصة فإن الميكروبات ربما اجتازت الرحلة بين المريخ والأرض على هذا النحو. ولقد أبرزت الموضـوع فـي شـكل سؤال بنهاية المحاضرة، إلا أن اقتراحي بدا صعبًا على نحو ما، وعليه لـم تمتـد المناقشة حوله. ومع ذلك استمررت في تطوير الفكـرة خـلال الـشهور التاليـة، وتناولتها في محاضراتي بجامعة «ميلان» **Milan** في نوفمبر ١٩٩٣، ومرة أخرى كانت الاستجابة صامتة. ومن دون أي ترويـــع أو تثبيـــط للهمـــة ضمـــنت حـــدسي في كتـــابي الصغيـــر «هل نحن وحدنا؟» **Are We Alone**، الذي نـــشر في العام التالي. وبعد بعض الوقت اكتشفت أن «جاي ميلـوش **Jay Melosh** مـن المعمل القمري الكـوكبي **Lunar and Planetory Labaratory** التـابع لجامعـة أريزونا، قد وصل بشكل مستقل إلى نتيجة مشابهة[١٠].

وأخيرًا لم يعد هناك جديد تحت الشمس، وكنا أنا وميلوش أول مـن سـلط الضوء على إمكانية احتمال سفر الميكروبات بين الكواكب داخل الأحجار المنفصلة عنها. وباكرًا في ١٨٧١ لا أحد من العلماء سوى «لورد كـيلفن» **Lord Kelvin**، كان قد أشار إلى أن تصادم جسم في الفلك مع كوكب، ربما يخلف حطامًا كثيـرًا، وهكذا «من دون شك يتناثر في الفضاء كثير من الشظايا الكبيرة والصغيرة، حاملة معها بذورًا ونباتات وحيوانات حية». وفي كلمته أمام الجمعية البريطانية **British Association** في «إدنبرة» **Edinburgh**[١١] حدس كيلفن أن هذه الـشظايا تـصل أخيرًا لكواكب أخرى و «تُعديها» بالحياة.

«لأننا واثقون أنه يوجد حاليا، وكان كذلك من أوقات أزلية، عوالم من الحياة إلى جانب حياتنا، فلا بد أن نلاحظ أنه من القابل للتصديق بأعلى درجة أن هنـاك

مالاً يعد، ويحصى من الأحجار النيزكية تحمل بذورًا تطوف حولنا عبر الفضاء، وفى اللحظة الحالية إذا لم تكن ثمة حياة على الأرض، فربما حجر ما يسقط عليها.. يؤدى إلى أن تصبح مغطاة بالحياة النباتية»، وإذا كانت الحياة بالضرورة تستطيع أن تُبَثّ من كوكب لآخر، فإننا لا نستطيع أن نكون متأكدين أن الحياة الأرضية قد بدأت على الأرض. فهى على سبيل المثال قد تكون قادمة من المريخ[١٢]. فنحن نعلم أن الميكروبات الأرضية تعيش بالأعماق الصخرية. فلو أن هناك حياة على المريخ أيضًا، فيبدو أنها بدأت فى شكل العضويات التى تتغذى كيميائيًا **chemotrophs** والتى تعيش تحت السطح. وعليه فإن الشظايا الصخرية المنفصلة عن المريخ عبر تصادم كونى معه ربما تحتوى على نظام ميكروبى فى داخلها وفى وثبتها مع الصخرة، فقد تنجح الميكروبات المريخية فى الانتقال لكوكب الأرض.

ولأول وهلة يبدو أن النظرية قد عانت من عقبة رئيسية: أليست هبة قوية يمكنها أن تدفع حجرًا ضخمًا عن أمه إلى الفضاء سوف تثمر فورًا انسحاقًا لأى حياة ميكروبية داخل الحجر؟ والغريب أن الإجابة هى: لا، ذلك أن الميكروبات محمية لصغرها البالغ. وبوضع الأرقام فى المسألة فإن قوة تدفع صخرة من المريخ بسرعة هروب (٥ كيلومترات فى الثانية سوف تؤدى إلى تزايد تسارع الميكروبات إلى ١٠,٠٠٠ مرة من عجلة الجاذبية الأرضية)، وهذا الدفع الهائل بالتأكيد سيسحق أى حياة ميكروبية. ومع ذلك فإن الأبعاد الرفيعة وحجمها الضئيل من المحتمل أن يجعلها تقاوم هذا التسارع الضخم والقوى وتترك المريخ دون أدنى ضرر يقع عليها.

ومع ذلك فثمة مخاطر جادة فى عملية الخَلْع هذه، فإن التصادم الكونى سوف ينتج صدمة موجية تضغط على جوانب الحجر. ومثل كل المواد، فإن الحجر يسخن أثناء انفصاله من وطأة الضغط، وحتى ضغط متواضع، سوف يرفع الحرارة إلى قيم أو مستوى مُهلك. وإلى وقت قريب افترض الجيولوجيون أن جانحة أو

زلزالاً قادرًا على دفع الصخرة إلى مدار سوف تؤدى أيضًا إلى انصهارها. والتجارب المعملية من ناحيتها أشارت إلى أن أى مادة منفصلة هكذا سوف تعانى من ضغط هائل – يعادل ضغطًا تطبيقيًا يساوى ١,٥ ميجابار. ولكن اكتشاف الأحجار النيزكية المريخية أثبت أن هذه النظرة كانت خاطئة. ولو أن بعضها ظهرت عليه علامات لضغوط تسخينية متواضعة. والبعض الآخر قد هرب من المريخ دون أى اضطراب.

تعامل جاى ميلوش مع المشكلة: كيف لحجر يمكن دفعه إلى الفضاء عنوة دون أن يتهشم خلال العملية؟ ولجأ فى ذلك لنماذج رياضية تفصيلية للتصادم الكونى ووضع الصورة التالية للأحداث. فى البداية سيقوم الكويكب أو المذنب الصادم بإحداث حفرة فى الأرض. والطاقة المحررة من هذه الضربة ستكون هائلة، لدرجة أن معظم أجزاء المُصادم ستتبخر. ومباشرة تحت نقطة الصفر فى الأرض، فإن هذه الطاقة سوف تقذف بالحجر وهو فى حالة انصهار أو تبخّر فى معظمه كنتيجة متلازمة مع القذف. وبعدئذ تتوالد الموجة الضاغطة ناثرةً كل ما يحيط بها على الأرض وما فى أعماق الأرض فى الموقع، والطاقة المرنة أو المطواعة، سوف يتم تخزينها تحت سطح الصخور، كنتيجة لهذا الضغط وسوف تتحرّر مرة أخرى بعد ارتداد الأشياء وارتطامها، وهذا ينشئ قوة رأسية هائلة أيضًا نحو الطبقات الأعلى. وعلى غير ما عليه الطبقات الأدنى، فإن صخرة على السطح لا يمكنها أن تنضغط، لأنها ستكون حرة فى الحركة لأعلى، والقوة الوحيدة التى قد تقف فى وجه ذلك هى قوة الضغط الجوى، والتى يمكن إغفالها أو التغاضى عنها. وهنا يقذف السطح المواد عاليًا فى اتجاه السماء دون أن تنسحق، فسوف تطير مباشرة إلى الفضاء إذا ما كانت القوة بدرجة كافية. أما الحفرة التى أحدثها التصادم فليست أكثر من انبعاج فى الأرض كشق حفرته قوة الدفع العلوى المفاجئ، وسوف يكون أكبر مرات عدة من حجم المصادم نفسه. وكثير من المواد المحيطة بجوانب الفوهة، سوف تندفع عاليًا بدلاً من قذفها لأسفل الحفرة بواسطة

الضربة. وإضافة أخرى: حيث سيتسبب الشيء القادم من إخلاء نفق ضخم في الجو، بما سيؤدى بالصخور المدفوعة تلك، للاحتفاظ بحرارة من احتكاكها بالجو أثناء طيرانها. وقد ظن ميلوش أن الصخرة البعيدة عن المركز سوف تصعد أولاً كطبق من المواد، مدفوعًا من أسفل إلى أعلى، وبعد ذلك يتحول إلى شظايا. كما أشارت حساباته إلى أن حجم القطع يعتمد على الوزن الكلى للهبّة. أما فيما يتعلق بعنف الانفجار، فإنه على الجملة، وإذا كان انفجارًا أكبر، فسوف يدفع أو يفصل شظايا أكبر. وتصادم كبير سوف يدفع بعدة ملايين من الصخور تصل مقاساتها إلى حوالى عشرة أمتار. وبعضها سوف يصبح ساخنًا جدًا، ولكن شظية جيدة، سوف تبقى حرارتها أقل من ١٠٠° درجة مئوية.

وربما يكون من المدهش أن ميكروبًا داخل صخرة مريخية يمكن أن يدخل الفضاء، دون أن يقتله الانفجار أو الحرارة. ومع ذلك فإن مشكلة هذا الميكروب ستكون فقط قد بدأت. حيث بمجرد أن يتواجد فى الفضاء فإن حظه سيعتمد على المسار المنحنى الذى تتخذه الصخرة الحاملة له على متنها. كثير من الحطام المنفصل سوف يتجه إلى مدار حول الشمس. وذلك لأن الصخرة فى الفضاء البين كوكبى تكون خاضعة لقوى الجاذبية، ليست فقط الخاصة بالشمس وإنما بالكواكب أيضًا، وحركته تكون معقدة للغاية، وربما مشوشة. وأى صخرة مريخية تقترب من مدار المريخ حول الشمس، كما سوف تتلقى جذبًا من الكواكب. وبعد عدة جذبات فقد تدفع الصخرة إلى الأرض أثناء عبورها المدار، أو تُدفع إلى خارج منطقة النظام الشمسى، وإلى حيث تخضع لاضطرابات جذب الكواكب الأكبر. وقد تقضى الصخرة وقتًا طويلاً فى تلك الماكينة الدوارة الكونية، قبل أن يتحدد مصيرها النهائى.

ما الفرص إذن التى يتاح فيها للصخرة المريخية أن تصل إلى الأرض؟ فى حسابات كمبيوترية[١٣]. مؤخرًا تنبأت أن ٧,٥٪ من الأحجار المنفصلة عن المريخ سوف ترتد فى النهاية إلى الأرض، ومثلها سوف يذهب إلى كوكب الزهرة. وأغلب

الصخور النيزكية (٣٨٪ منها)، سوف ينتهى مآله إلى الشمس، ثم ٩٪ منها سوف يعيد التصادم مع المريخ نفسه، أما الباقى بعد هذه النسب فسيتجه إلى كوكب المشترى ثم يندفع بقوة إلى خارج النظام الشمسى ومن المفاجئ أن مدد إقامة هذه الأحجار النيزكية فى الفضاء كانت قصيرة، وحوالى أكثر من ثلث الأحجار النيزكية الواصلة لكوكب الأرض قد وصلتها فى أول عشرة ملايين سنة من نشوئها. وهذه النتائج قورنت بشكل جيد مع مواقيت الفضاء، والتى قد تقضيها فيه الأحجار النيزكية المريخية والتى يمكن قياسها من تعرضها للأشعة الكونية. وتتراوح هذه المقاييس من ١٥ مليون سنة للـ **ALH 84001** إلى حتى ٧٠٠,٠٠٠ سنة بالنسبة لـ **EETA 79001**، وبعض النيازك لا يمكنه تجنب وصوله لنا بسرعة إذا ما ترك المريخ فى سرعة وزاوية مناسبتين. ومن المسائل الظاهرة فقد لوحظ أنه ينتقل فى زمن يصل إلى ١٦,٠٠٠ سنة. وببساطة وعلى أساس إحصائى، فإن قليلاً من الصخور سوف يقطع المرحلة فى أقل من قرن من الزمن.

وأيًا ما كان الميكروب الكائن فى الصخرة النيزكية، فإنه سيصل إلى الأرض فى حالة تسمح بالقابلية للحياة، لأن ذلك سيعتمد على قدرته على البقاء حيًا طوال هذه الرحلة. وبالطبع لا نعرف شيئًا عن هذه الميكروبات المريخية المظنون بها، ولكن إذا كان هذا العمل البطولى شيئًا مما يقاس على الميكروبات الأرضية، فإنها يمكن أن تبقى لمدد طويلة. وعلماء الآثار الذين ينبشون المقابر التحت أرضية، يجدونها محتوية على بواغٍ ميكروبية، يرجع تاريخها إلى وقت إنشاء المقبرة. وثمة تقرير عن ميكروب **E-cloacae** عثر عليه فى الهيكل العظمى للمستودون **Mostodon**(*) عمره ١١,٠٠٠ سنة. وتحت ظروف عميقة التجمد يمكن أن تجد من تطول حياته عن ذلك عدة مرات. وكان كريس ماكاى **Chris McKay** قد اكتشف نظامًا ميكروبيًا عمره ثلاثة ملايين سنة، مُحتفظًا به فى الجلاميد السيبيرية **Siberian**. وثمة دعاوى مدهشة عن باكتيريا وجدت محفوظة فى

(*) هو حيوان بائد شبيه بالفيل. (المترجم).

مستقرات ملحية لعدة مئات ملايين السنين. وباكتيريا أخرى عمرها ٤٠ مليون سنة كانت قد اُقتلعت ورُقِّمت من نموذج حقيقى لحديقة جوراسيه **Jurassic Park** من داخل باكتيريا حُصِرت فى الكهرمان[١٤] **amber**.

وكان قد سئل الميكروبولوجى البريطانى جون بوستيجيت **John Postgate**، والذى كان قد أجرى دراسة عن قابلية الباكتيريا للوفاة، سئل عن احتياج الباكتيريا للوفاة على الإطلاق[١٥]. عندما يصيبها الجوع من المواد المغذية لها، سرعان ما تصبح مسنة ويتعرض نظامها فى التمثيل الغذائى للتوقف، إنها تنكمش فى الحجم على نحو دراماتيكى وتتوقف عن التكاثر. ولكنها ليس بالضرورة أن تموت بالمعنى العادى للكلمة، وإنما ببساطة ربما تنسلّ أو تنزلق إلى حالة من تعليق الحيوية. فإذا تحسنت الظروف يومًا ما، فإنها قد تعود للحياة من هذا الموت الظاهرى، مثل أسطورة الجمال النائم **Sleeping Beauties**. ومن غير المعلوم عن منبّه داخلى يحدد «نقطة اللا عودة». وفى الواقع، فإن الغموض يكتنف ما الذى يحدد بالضبط ما إذا كانت بواعٍ معينة يمكنها أن تعاود الحياة من عدمه من تلك التجربة القريبة من الموت. وإذا لم يكن يحدث شىء فى داخلها، فما الخط الملغز أو المبهم الذى يعنى علامة على الموت، والذى يجب أن نتخطاه قبل أن تكون العودة للحياة ممكنة؟

دوام الباكتيريا لهذه المدد غير المسبوقة أو المألوفة، يفترض أن لا شىء يمكنه أن يحطم عدم قابلية حيوية الميكروب للتعويض أو الترميم – وواحد من الأسباب المسببة للتحطيم هو الإشعاع. ومع أن الباكتيريا قد اصطنعت آلية لمواجهة مخاطر الإشعاع، فإنها لا تعمل وهى فى حالة السكون أو الهمود. لو أن دنا ميكروب هاجع قد تمزقت فإنها تبقى ممزقة. وبالنسبة لرحلة عبر الفضاء، فمن دون شك ستكون الإشعاعات من أكبر وأكثر المخاطر. ومع أن معظم الأشعة سوف تكون غير قادرة على اختراق صخرة. فإن الأشعة الفوق بنفسجية سوف تكون مستغرقة فى طبقة رفيعة، بينما كل الأشعة الكونية عالية الطاقة سوف تتوقف

عند حدود متر من سطح صخرة مصمتة. كما أن الصخرة نفسها سوف يتخلف منها نشاط إشعاعى ولكن، وكما رأينا، فإن الباكتيريا تدهشنا بقدرتها على مقاومة خطر الإشعاع. فإن الجفاف (استنزاف عنصرى الماء لإخلاء الشيء منهما) الذى لا مفر منه فى ظروف الفراغ فى الفضاء يبدو أنه يقدم حماية إضافية. وسوف يستغرق تعرض أى عضويات داخل صخرة كبيرة لجريمة إشعاعية مميتة مدى يصل إلى ملايين السنين(١٦). وهو ما يزيد عما تستغرقه رحلة الصخرة من المريخ إلى الأرض.

وعامل آخر واجب الأخذ فى الاعتبار وهو البرد، ففى الفضاء البين كوكبى، فإن درجة الحرارة منخفضة. ولكنها ليست متطرفة الانخفاض، فيمكن للصخرة أن تظل دافئة بحرارة الشمس وحرارتها الداخلية سوف تصل فى أقصاها إلى – ٥٠° مئوية، وهذا مقبول تمامًا، وبالطبع تُحفظ الباكتيريا فى ثلاجات درجة حرارتها أقل انخفاضًا بكثير، وعلى أى الأحوال فإن البرودة فى الفضاء الخارجى ستمثل ميزة إضافية فى مجال حفظ الميكروبات.

ولو أن الرحلة عبر الفضاء تبدو أقل تعرضًا للمخاطر، مما يبدو عليه الأمر من النظرة الأولى، فإن المحن أو البلايا التى تتعرض لها الميكروبات لن تتوقف بوصولها لكوكب الأرض، إذ يبقى عليها أن تتجنب موتها خلال اقتحام الصخرة للهواء بسرعة عدة كيلومترات فى الثانية الواحدة. فمعظم الصخور النيزكية الصغيرة تحترق بالكامل فور اختراقها للمجال الجوى للأرض. ومع ذلك فإن صخرة حجمها من متر إلى عشرة أمتار فإنها تصل فى مسار منحنى قليلاً إلى الأرض يعتبر قصة أخرى. لأن الصخرة سوف يتسبب احتكاك الهواء فى بطء سرعتها، وربما تنفجر فى قلب الهواء من تأثير الصدمة ناثرة شظاياها فوق الطبقة العليا للجو، وسوف تسقط القطع المتناثرة إلى أقرب أرض لها كمستقر لنهاية رحلتها، والذى سيكون هبوطًا لطيفًا بالمقارنة. وهذا النوع من «البذر» سوف يتسبب فى ضياع حياة بعض الميكروبات فى وسط الهواء، بينما سيصل البعض

الآخر للأرض أو المحيط وهو مازال محميًا داخل الشظية الصخرية. وكثيرًا ما عُرف أن الكثير من الأحجار النيزكية قد سقطت علينا بهذه الطريقة. لأن الصخور هى عوازل جيدة للحرارة، وداخل الصخرة النيزكية سيظل باردًا حتى لو انصهر سطحها الخارجى بسبب الاحتكاك. وعلى الجملة، فكل هذه الظروف هى ظروف مناسبة كثيرًا أو قليلاً لنجاح نثر البذور لأى عضويات مقيمة.

وعند وصول الميكروب سالمًا، فإن المشهد العام للميكروب المريخى سوف يتوقف على الظروف التى سيواجهها. ومنذ ثلاثة أو أربعة ملايين من السنين، عندما كان المريخ يشبه الأرض، فإن عضويات مريخية سوف تجد فى الأرض ما يشبه الوطن بالنسبة لها، خاصة إذا ما سقطت فى البحر، حيثما ربما تحملها تيارات المحيط لتصل فى النهاية إلى فتحة بركان عميق فى المحيط قريب الشبه من موطنها فوق المريخ.

بعض الناس يرون أن سلسلة الظروف التى يحتاجها الميكروب المريخى ليصل سالمًا للأرض، قد امتدت حتى أصبحت فى حاجة إلى نوع من سرعة أو سذاجة التصديق وبدرجة كبيرة. بالتأكيد مع كل خطوة من الرحلة فكيف لكسره واحدة وفقط كسرة رفيعة من الميكروب المدفوع ربما، أن تناضل للبقاء. لأنه ليس بالضرورة أن تكون الرحلة مريحة وإنما يكفى أن تكون قابلة للنضال من أجل البقاء. إن المسألة بحاجة لميكروب واحد من النوع الذى تقوم تغذيته على الكيماويات **Chemo-troph** من بين تريليون ميكروب مدفوعة، ينجح فى الوصول سالمًا إلى الأرض، وحينئذ سيصبح الباب مفتوحًا على مصراعيه لاستعمار كوكب الأرض. وواقعة تصادم كونى من النوع الذى برقش الأرض والمريخ بالحفر، سوف يتسبب فى العصف ببلايين الأطنان من المواد إلى الفضاء. وملايين من الصخور التى تبلغ عدة أمتار من الحافة للحافة، سوف تتناثر حول النظام الشمسى، والكثير منها مرشح لنقل الحياة. وإذا كان الصدام الكونى أكبر من ذلك، فسوف ينتج عنه حطام أكثر من ذلك، وعند نهاية فترة التصادمات الكثيفة، فإن الأعداد

ستظل أكبر. ومن الصعب إذن تجنب النتيجة القائلة بأنه إذا كانت ثمة حياة على المريخ منذ حوالى من ٣,٥ إلى ٤ بلايين سنة مضت، فلا بد أن هذه الحياة المريخية – وبشكل لا يمكن تجنبه – قد وجدت طريقها لاستيطان الأرض. وهذه الإمكانية قد توصل إليه تقرير أعده مجلس إدارة مجلس بحوث الفضاء الأمريكى **"US National Research Council's Space Studies Board"** عن العينات العائدة من المريخ **"Mars Sample Return"**، حيث ذكروا «الميكروبية الناجية من حجر نيزكى، حيث تتوفر لها الحماية الكافية من الإشعاعات، تبدو قابلة للتصديق، فإذا نجت فعلاً هذه النظم الميكروبية من ظروف الاندفاع وتوابع الصدام الكونى، فثمة سبب ولو ضئيلاً للشك فى إمكانية قيام الظروف الطبيعية لما بين الكواكب بنقل حيويات أو عضويات (من نبات وحيوان) تلك الحقبة... وهذا التبادل لا بد أنه كان مألوفًا فى تاريخ النظام الشمسى، حالما كانت درجات التصادمات الكونية أكبر بكثير»(١٧). وأيًا ما كان أى ميكروبات مريخية قد نجحت فى استعمار الأرض بعد وصولها، فإن هذا أمر يختلف عما سنأتى إليه بعد قليل.

هل هناك سبب لتفضيل المريخ على الأرض فى اعتباره مهدًا للحياة؟ إن عاملاً واحدًا يقترح أن تكون الإجابة بنعم. لأن نفس وابل التصادمات الكونية التى وفرت آلية لنقل العضويات إلى الكواكب، هى التى هددت نجاتهم فى موطنهم ذاته. وكما شرحت فى الفصل الثامن، فإن تصادمًا حقيقيًا كبيرًا سوف يتسبب فى إجداب وعقم الكوكب بأسره. وفى ضوء هذا، فإن المريخ ربما يبدو أكثر أمانًا من الأرض. لأن حجمه الأصغر سيجعله أقل من أن يكون هدفًا لكويكب أو مذنب. لأن الجاذبية الأقل سوف تسبب بطئًا فى التصادم بما يقلل من المخاطر، وبما يسمح بتراكم المادة العضوية المفيدة. وبصفة خاصة، فقد ظل المريخ محتفظًا به للتصادمات الكبيرة التى أنشأت قمر الأرض. وحرارة تكوّن المريخ كانت أيضًا أقل من تلك التى أنشأت الأرض، وعلى الجملة، فيبدو واضحًا أن المريخ قد بَرُد بأسرع من الأرض، مما جعله كوكبًا قابلاً للسكنى منذ ٤,٥ بليون سنة مضت. كما

أن برودة قشرة سطح أرض المريخ تعنى أيضًا أن المنطقة المريحة لميكروبات ما تحت السطح، سوف تذهب إلى عمق أبعد يزودها بملاذات أو ملاجئ أفضل في مواجهة لفحات الحرارة الناجمة عن التصادمات.

والمنطقة العميقة تحت السطح ربما لم تكن وحدها هى الملاذ من وابل التصادمات الكونية، الملاذ الآخر قد يكون الفضاء الخارجى لأن واقعة التصادم الذى سيجدب الكوكب، سوف يطلق كمية ضخمة من المواد فى المناطق المتصلة به والآمنة فى مداره – إذا كانت الميكروبات يمكنها البقاء فى الفضاء داخل هذه الصخور الشاردة، فإن بعضها يعود فى النهاية لإعادة نثر بذور الحياة فى الكوكب، بعد شفائه من آثار المحنة. ولأن المريخ له سرعة هروب أقل منها بالنسبة للأرض. فإن الميكروبات يمكن أن تُقتلع بعنف أقل، ومن ثَمّ يمكن للميكروبات أن تحيا. وحول نهاية فترة وابل التصادمات الكثيف، فلا بد أن المريخ قد غلفه تجمع أو حشد من الحطام الناجم عن كل ذلك، والذى بالتالى شكل ملاذًا لعدد كبير من العضويات السابق تعرضها للنفى.

لم يكن المريخ فقط مكان جيد لبدء الحياة، ولكنه أيضًا ربما كان المكان المفضل لها لتظهر عليه... ويتشكك الجيولوجيون من جانبهم، فيما يتعلق بأن الحياة على الأرض لم تبدأ إلا بعد أن أصبح الأكسجين متاحًا فى الجو، أى منذ حوالى مليونين من السنوات الماضية، وعند هذه المرحلة كان هناك انقسام سريع فى الأنواع. ويبدو أن الأكسجين قد تشكل على نحو أسرع على المريخ، أى منذ مدة قصيرة نسبيًا، تقترب من عشرة ملايين من السنين، بل ربما قبل نهاية عصر وابل الصدمات، حيث ظهرت حياة فى مستوى لم تكن متاحة الآن لعشرة بلايين أخرى من السنين[١٨].

وإذا كانت الحياة قد نشأت بشكل مستقل على الأرض أو فى المريخ، فحينئذ عندما يصل الميكروب المريخى إلى الأرض فسيجد الحياة العضوية محجوبة ومستكينة فيها بشكل جيد. وسيكون الوافدون الجدد أنفسهم فى حالة تنافس مع

منافسيهم الأرضيين. وربما يجد المريخيون أنفسهم، وقد قامت الباكتيريا الأرضية بالتهامهم فور وصولهم، وسيكون هذا بمثابة انحراف قاسٍ فى أقدار الجرأة التى تحلى بها المسافرون عبر رحلتهم الطويلة. حيث قُذف بهم بقوة من جراء تصادم كونى إلى مدار ما، وناضلوا من أجل البقاء لملايين السنين فى الفضاء الخارجى، وتجنبوا الاحتراق عند إعادة الدخول، ثم كان حظهم وافرًا عندما هبطوا بالقرب من مستقر مناسب، ثم يصبحون مجرد وجبة لمنافس يبحث عن مؤونة للغذاء، إذن سوف يصبح الوضع مثيرًا لسخرية هائلة.

وثمة إمكانية لسيناريو آخر. بعكس هذه الحالة، يتمثل فى أن يقوم المريخيون بالتهام هؤلاء الأرضيين بدلاً من أن يزدردهم الأخيرون. وإذن مرة أخرى فقد تسكن الميكروبات الأرضية والمريخية فى ملاذات أو كُوَّات مختلفة، ويتصاحبان من ثَمّ فى الوجود. وذلك إذا ما هبطوا فى موقع مختلف جذريًا من حيث كيميائه البيولوجية فقد يتجاهل بسعادة كل منهم الآخر. أو ربما يكونون[١٩] متشابهين معهم ومن ثم يتعايشون فى تكافل **symbiosis** (مثل عندما تغزو الميتوكوندريا(*) المريخية مواطن الباكتيريا الأرضية). وربما على ذلك نكون أنت وأنا لدينا بعض الجينات المريخية فى أجسادنا! وربما أيضًا يجد المتطفلون أن الحياة بالغة الصعوبة على الأرض، ومن ثم يفشلون فى التأقلم فى وقت مناسب، ويموتون بعد محاولتهم الجريئة لاستعمار المكان، مثلما حدث مع السكان الأصليين لأستراليا منذ وقت باكر، والذين تجدهم الآن فى مواقع قليلة خلف وخارج المدن التى أُنشئت بمعرفة المحتلين.

ومن المفهوم أن الميكروبات المريخية ما زالت توجد على الأرض فى شكل مستقل من الحياة. العلماء الآن قد بدأوا فى اكتشاف العدد الضخم من الحياة

(*) mitochondria عبارة عن مكونات دقيقة داخل الخلية ذات شكل كروى أو عصوى، كما تعتبر مراكزًا مهمة لتوليد الطاقة الناتجة عن أكسدة المواد الغذائية فى دوراتها وتسمى واحدتها فى اللغة العربية «متقدرة». (المترجم).

الميكروبية التى تعيش حولنا. وحتى الآن فكل الذى تم اكتشافه يتصل بالحياة الأرضية، لكن يومًا سوف يتم اكتشاف حياة ميكروبية فضائية، ربما فى مكان غريب كان من المتعذر الوصول إليه، أو ربما فى أعماق ما تحت السطح، أو فى الطبقات العليا للجو، أو حتى تحت نهر جليدى متفجر من وسطه فى كل الاتجاهات فى أنتاركتيكا. وإذا كانت الميكروبات الفضائية تستخدم كيمياء حيوية مختلفة، فإن العلماء سيفشلون فى تحديدهم خلال البحث. ربما يكونون راقدين حولنا فى حالة همود أو تعليق، فى أشكال مثل البوغات، وغير قادرين على أى حيوية بسبب نقص عنصر مهم رئيسى لاستمرار حياتهم.

كل تلك الافتراضات السابقة هى مجرد تأملات محضة. كل ما نستطيع قوله على سبيل التأكيد إنه لو هناك توجد حياة ميكروبية مريخية حاليًا أو كانت، فإن ميكروبًا مريخيًا قابلاً للحياة، سوف ينجح بالتأكيد فى الوصول للأرض فى مرحلة ما من الأربعة بلايين سنة الماضية. وسواء تأصلت الحياة على المريخ، ثم انتشرت فى الأرض وكان ذلك على سبيل الحدس، فسوف يقودنا ذلك إلى فكرة فضولية: أنت وأنا وكل الأشياء الحية التى نراها حولنا، نكون قد تحدرنا من أجواء المريخ.

هل تذهب الحياة الأرضية إلى المريخ؟

إذا كانت الميكروبات تستطيع الترحال من المريخ إلى الأرض، ممتطية متن الصخور، فإنها أيضًا تستطيع أن تقوم بالرحلة العكسية أيضًا، أى من الأرض إلى المريخ. ولو أن الأرض لديها جاذبية أقوى، فلا بد كانت هناك صدمات كونية لها من القوة الكافية التى تستطيع أن تدفع بقوة شديدة مواد أرضية إلى الفضاء. ونحن نعلم أنه فى هذه الحالة فإن بعضًا من الصخور المنفصلة لا بد أن تكون محتوية على حياة ميكروبية. وإذا كانت ثمة حياة حقيقية على الأرض فى نهاية عصر وابل الصدمات الكونية، وكما تدل على ذلك الأحافير فلا بد أن أعدادًا وفيرة من المواد

الحاملة للحياة، قد إنتقلت إلى الفضاء، بسبب التصادمات الكبرى التى كانت لا تزال تحدث قبل ٣,٨ بليون سنة مضت. وبعض من هذه المواد وصل بالتأكيد إلى المريخ، فى وقت كانت الظروف فيه تشبه تلك التى على الأرض. وعليه لا يمكن تجنب القول بأن الحياة الأرضية، قد وصلت إلى المريخ فى بعض مراحل تاريخه. ومما يكون قريبًا جدًا للأفهام أنه ما بين ٣,٥ و٣,٨ بليون سنة ماضية كانت الظروف على المريخ تتناسب مع الحياة الأرضية المنقولة له، كيما تزدهر وتنمو. وهذا هو السبب فى تأكدى من أنه كانت ثمة حياة على المريخ فى الماضى. وأنه ربما تكون كذلك فى الوقت الحالى.

وعندما ظهرت قصة الحجر النيزكى بمعرفة هيئة ناسا، فقد بدا أن المعلقين والعلماء قد قفزوا إلى نتيجة، مؤداها أن الحياة لا بد قد نشأت مرتين فى النظام الشمسى. وأُخذت ملامح **ALH 84001**، وعلى نحو عالمى تقريبًا على أنها دليل على أصل مستقل للحياة على المريخ. والنهايات الفلسفية الشهيرة التى سارع إليها كلينتون وآخرون بأن الكون يزخر بالحياة، وأن قوانين البيولوجيا تتصادق فى عملها عبر الكون، وتعتمد بشكل حاسم على هذا الافتراض المفهوم ضمنًا. وقلة من الناس هى التى سلطت الضوء على الشق المنطقى فى الأمر: إذا استطاعت أحفورة ميكروبية مريخية، أن تأتى إلى الأرض عبر صخرة، فإن ميكروبًا حيًا، يستطيع أن يصل للمريخ من الأرض عبر صخرة أيضًا. وأصبح الدليل نفسه على الحياة فوق المريخ هو المُقوِّض الذى يهدم نظرية الأصل المستقل للحياة.

ولو أن الحياة على المريخ قد وصلته من الأرض، فبالتأكيد سيكون هذا أمرًا مثيرًا، ومهمًا من الناحية العلمية، لكنه سيكون على مستوى الصفر من حيث المعنى الفلسفى، لأنه لن يقول لنا شيئًا جديدًا فيما يتعلق بانفرادية أو ظاهرة الحياة نفسها. وسوف يُظهر لنا ببساطة أن المجال الأرضى يمتد خارجًا إلى الفضاء الخارجى بمثل ما يمتد تحت الأرض. إن الأحافير المظنونة فى **ALH 84001** سوف تكون منحدرة من أصول عضوية أرضية، وقد عادت إذن إلى وطنها.

وما يشبه أن يكون تلوثًا عابرًا للكواكب، خاصة فى الماضى البعيـد، هـو بمثابة عامل مفتاح فى تأكيد دليل على الحياة فوق المريخ. وإذا كان المريخ قد تلقح بواسطة حياة أرضية منذ من ٣,٦ إلى ٣,٨ بليون سنة مضت، فلن يكون من قبيـل المفاجأة، العثور على صخور مريخية محتوية على علامات حياة فى حالـة عمـل منذ ٣,٦ بليون سنة مضت، وكما ذكرت فى الفصل السابق أن الملامـح المعثـور عليها فى **ALH 84001** هى بالضبط ما يمكن للمـرء أن يتوقعـه. ومـن الناحيـة الأخرى فلو أن نظرية التلوث تلك كانت خاطئة، فإن قواعد اللعبة سوف تتغير على نحو درامى. حيث سنكون مدعوين للاعتقاد بأن الحياة بدأت بطريقة مستقلة فـوق المريخ. وهو افتراض هائل، والذى يتطلب تقويمًا شديدًا (انظر الفـصل العاشـر). وفى هذه الحالة فسيكون الدليل المستقى من **ALH 84001** بعيدًا وبعيدًا جدًا عن كونه مقنعًا.

كيف يمكن إذن وضع نظرية التلوث تحت الاختبار؟ إذا أمسك العلماء بنظام عضوى مريخى حى، ويظهر أنه يعتمد على دنا ذى اتجاه يمينى اليـد، وحمـض أمينى ذى اتجاه يسارى اليد، وإذا كانت لها نفس شفرة جينات الحياة الأرضية، وإذا كان تمثيلها الغذائى متشابهًا أيضًا، فسوف يشير ذلك بقوة إلى أصل مـشترك مـع الحياة الأرضية. ومن الناحية الأخرى، فإذا كانـت الجزيئـات عكـسية الأيـدى، والشفرة الجينية مختلفة، أو تعتمد كلية شكلاً مختلفًا من الكيمياء الحيوية، فـسيكون ثمة أصل للحياة مستقل. وسيكون الإقرار بحالة المادة على درجة من الصعوبة، إذا كان كل ما لدينا هو أحفورات، لأن بقايا الجزيئات المعروفة ذات التوجه اليـسارى اليد، سوف تذهب بعيدًا بقواعد اللعبة، ولن يكون مفيدًا حينئذ المقارنة بين الأشـكال الميكروبية. لأن الميكروبات الفضائية قد تبدو شبيهة بالميكروبات الأرضية، ولكن لها كيمياء حيوية مختلفة تمامًا.

وافترض – كما أدعى – أن المواد حاملة الحياة قد تبودلت بشكل منتظم بين الأرض والمريخ، فإن تلك الكواكب لا يمكن اعتبارها معقمـة. والتلـوث العـابر

للكواكب ربما أخذ مجراه منذ بدأت الحياة لأول مرة. فإنه سيبدو عديمًا للأهمية أن نتكلف كل هذا العناء المادى لتعقيم سفننا الفضائية. وعلى سبيل الحديث فلن يكـون مهمًا افتراض أن المخاطرة بالتلوث من الحياة الميكروبية المريخية هـى أمـر لا يمكن تجنبه. فلو أن الحياة المريخية والحياة الأرضية ينحدران من أصل مـشترك، فإن الميكروبات المريخية سوف يكون لها الأساس الكيميائى الحيوى الذى نستخدمه نحن. وكما كتب[٢٠] مرة كارل ساجان **Carl Sagan** «لـو أن الحيـاة العـضوية المريخية كانت قد انتقلت إليه أصلاً عبر عمل تـصادمى أصـاب الأرض، فإنهـا ستكون مشابهة لنا لدرجة أنها لن تكون مسببة لإصابتنا بالأمراض».

ولو أن المريخ والأرض قد تبادلا فيما بينهما الحياة العـضوية، فـإن ذلـك سوف يضاعف تعقيد سؤالنا عن أين بدأت الحياة على نحو مطلق وبـالنظر لحالـة الجهل لدينا فهو يمثل رهانًا مفتوحًا على أى مما تؤدى إليه الـسيناريوهات التاليـة من حقيقة:

١. لقد بدأت الحياة مرة من المرات فوق المريخ ثم جاءت إلينا عبر صخرة نيزكية مريخية. وهى قد تكون أو لا تكون مستمرة فى الوجود على الكوكب الأصلى.

٢. بدأت الحياة مرة من المرات على الأرض ثم انتقلت إلى المـريخ، حيـث قـد يكون ممكنًا أنها أسَّست نفسها هناك.

٣. قد تأصلت الحياة على كل من الأرض والمريخ على نحو مستقل. والاستعمار العابر للكواكب (أو حتى الإخصاب العابر للكواكب)، ربما يكون قد حدث تبعًا لذلك.

٤. قد تأصلت الحياة على كل من الأرض والمريخ وعلـى الـرغم مـن تبـادل الصخور والأتربة أو الغبار، فلم تنتقل بينهما عضويات قابلة للحياة.

٥. الحياة لم تتأصل على أى من الكوكبين، ولكن فى مكان آخـر كليـة، كأحـد المذنبات مثلاً، أو القمر «أوروبا» الذى يدور حول كوكب المشترى. أو كوكب

المشترى نفسه، أو أى جسم خارج النظام الشمسى. ثم جاءت إلى الأرض، وربما المريخ أيضًا عبر نوع ما من آليات الـ **Panspermia** (البذور فى كل مكان).

٦. تأصلت الحياة على كوكب الأرض وحده ولم تنجح (بعد) فى احتلال كوكب آخر. أما كوكب المريخ، فهو كان، ومازال، بلا حياة.

ولاحظ أنه بعيدًا عن السيناريو الأخير، فإن كل السيناريوهات الأخرى تتنبأ بأن الحياة لا بد أنها حدثت فى إحدى المرات على المريخ، وأنها ربما باقية حتى الآن. من أين لنا أن نعرف عن قوة البقاء غير القابلة للتصديق لدى الميكروبات، من ناحيتى أعتقد أن السيناريو رقم ٦ بعيد الاحتمال تمامًا. وفى مرحلة ما فلا بد أن الصخور حاملة العضويات القابلة للحياة قد قامت بالرحلة من الأرض إلى المريخ. وفى كلتا الحالتين من الأرض إلى المريخ أو العكس أو تناقلت ذراريها بين الكواكب، فيبدو لى أن ما يصعب تجنبه أن المريخ قد لعب دور المضيف لسكنى الميكروبات، وربما أيضًا لحياة عضوية أكثر تقدمًا وذلك فى مرحلة مبكرة من تاريخه. وهذا يجعل من البحث عن الحياة على المريخ له أولوية فى المرتبة.

وإذا كانت نظرية «بذور فى كل مكان» **Panspermia**، تعد من الأفكار المقبولة، فإن المريخ وحده لن يكون محل الاهتمام، لأنه من المفهوم أن تكون الحياة الأرضية قد ارتحلت إلى أمكنة أخرى فى النظام الشمسى. ماذا عن القمر مثلاً؟ سطح القمر الآن يعد مكانًا غير مرغوب بشكل حاد، ولكنه مثل المريخ كان له فى مرة من المرات جو ذو تخانة، وكانت فيه براكين ومياه. وهذه اختفت أسرع مما حدث فى المريخ، ألم تكن ثمة نافذة تطل منها فرصة الحياة؟ إذا كانت هذه قد تزامنت مع وجود الحياة على الأرض، فإن تبادل العضويات الحية مع القمر أمر يجب أخذه فى الاعتبار على نحو جاد جدًا. وبالنظر لأن القمر قريب مكانيًا من الأرض؛ فإن كثيرًا مما دُفع من صخور الأرض بسبب تصادم كونى، لا بد أن ينتهى إلى القمر بما أن مدة الرحلة إليه قصيرة جدًا. فهل يمكن أن توجد حياة على

القمر اليوم وتحت سطحه؟ الدعاوى الحديثة تقول بأن الثلج قد يوجد فى أحـواض فوهات سطح القمر المحمية بعيدًا عن الشمس. وهذا مما يجعل الاحتمال مخادعًـا، ولو أن المشهد العام يوحى بأن الميكروبات القمرية لم يعثر عليها بعد.

أما عن كوكبى الزهرة وعطارد، فهما ليس من الأمر فى شـىء لأن كـلاً منهما حرارته مرتفعة للغاية. ومن الممكن أن كانت الزهرة أكثر برودة ذات مرة، ومن ثم أصبحت مكانًا مناسبًا كموطن للعضويات الأرضية التى كانت فـى غيـر موطنها الأصلى. وكذا عدة أقمار فى النظام الشمسى الخارجى، ربما كانت موطنًـا للحياة بدورها، إلا أن فرص انتقال الحياة من الأرض إليها بنجاح تعتبـر بعيـدة، وكان توماس جولد **Thomas Gold** قد حدس أن: «عشرة كواكب أو أقمار علـى الأقل قد دعمت الحياة تحت السطح، واعتقد أن الأرض قد قدمت مجـرد نـوع أو فرع غريب من الحياة، عندما سمحت ظروف غير عادية بإمكانيـة الحيـاة فـوق السطح»(٢١).

وبمجرد أن اندفعت الصخور إلى مدار المريخ، فربما شكل هذا المدار ملاذًا لها من الصدامات الكونية، باعتبار أنها كانت حاملة للعـضويات الأرضـية التـى تركت موطنها الأرضى. وذلك لتعود بعد ملايين الـسنين لتحتـل الأرض. وهـذه الإمكانية من السهل أن تشوه أو تُحرَّف من جديد نظرية الإحباط الناجم عن الصدام للحياة، والتى ناقشتها فى الفصل السادس. وباعتبار أن الصدام الذى من شـأنه أن يجدب الأرض بالكامل ربما يبقى على بعض العضويات التى تهـيم مـع الحطـام الناشئ، فى مدار يتخذه الباقى من الحطام حول الأرض. وهذا يدفعنا إلى أن نعـود للخلف فى موعد نشوء الحياة على الأرض إلى الفترة التى كانت فيها الـصدامات الكونية مستعرة وكثيفة ربما إلى حتى ٤,٢ بليون سنة مضت، مما يـساعد علـى تخفيف متناقضة أن الحياة وُجدت بوضوح على الأرض إبان مثـل تلـك الفتـرة القاسية. وبالطبع بعد عودة الميكروبات عقب ملايين السنين إلى الأرض كمـوطن أصلى لها، فلا بد أن كانت لها تطبيقات حقيقية فى تاريخ التطور. وليس من غيـر

الممكن أن ثمة باكتيريا عمرها عشرة ملايين سنة كانت هامدة فيها أو في حالة تعليق للحياة، ثم تعود للأرض عبر حجر نيزكي وتعيد تأسيس ذاتها فيها.

ماذا عن إمكانية ارتحال الحياة عبر الصخور فيما بين النجوم؟ للأسف تقف الإحصائيات بشدة ضد هذه الفكرة. حيث بينما المواد التي تنفصل بقوة عن الأرض سوف تجد فرصة معقولة للوصول إلى المريخ، يبدو صعبًا للغاية إلى درجة تعذر تجنب أن صخرة منفصلة بقوة عن النظام الشمسي، يمكنها أن تواجه أي كوكب آخر. لأن المسافات بين النجوم كبيرة للغاية، والكواكب تمثل أهدافًا صغيرة، حتى إن ملايين الصخور المتناثرة عبر المجرّة ستكون فرصة صخرة واحدة منها ضئيلة، فيما يتعلق بالسقوط على كوكب مناسب في نظام نجمي آخر. وللسبب نفسه، فمن المؤكد أن صخرة حاملة للحياة من نظام نجمي آخر قد وصلت للأرض. وعلى ذلك فإذا كانت الكواكب في نظامنا الشمسي تلوث بعضها البعض بصخور حاملة للحياة، فمن المستحيل، أو يصعب بشدة، أن تستطيع الحياة الانتشار عبر المجرة بهذه الطريقة.

ولو أن الصخور لا تمثل المركبة الوحيدة التي يمكن أن تمتطيها الميكروبات. لأن المذنبات أيضًا يمكن أن تقوم بهذا الدور أيضًا. ولو أن القليل هو ما نعرفه عن داخل المذنب، فإنها يمكنها أن تمثل ملاذًا أفضل من المتوفر في الصخور. وهذا يمكن أن يكون الوضع في الفترة التي أعقبت تشكل المذنبات، وعندما رفعت الكيميائيات والأنشطة الإشعاعية درجة الحرارة لدرجة كافية لدعم وجود مياه سائلة.

وقد كان السيناريو الذي تخيله كريس ماكاي **Chris McKay** والمتضمن «بذور في كل مكان» من خلال المذنبات، كالتالي[٢٢]: تصل سحابة بين نجمية، بالقرب من النظام الشمسي، فتضطرب مدارات المذنبات بفعل مجال جاذبية السحابة، ومن ثم تضرب الأرض، مخلفة حطامًا متطايرًا حاملاً معه بواغي ميكروبية. وتبقى الأحجار المنفصلة عن الأرض مع السحابة، ربما لعدة ملايين

أخرى من السنين، وربما تدور السحابة ذاتها حول النجوم. وعندما يحدث هذا، فإن الصخور مع بعض العضويات التى استمرت قابلة للحياة، تمتزج مع المواد المذنبية بالقرب من حافة نظام نجمى سديمى. فور تمام تشكل المذنبات، فإن داخلها يكـــون دافئًا ورطبًا بحيث يمثل ما يشبه الحضانة الدافئة والمناســبة لميكروبــات عانــت طويلاً. وهذا الجو المتحسن يعيد الحياة لتلك البواغى، قادحًا زناد انفجار ســكانى. وفى وقت ما يتلو ذلك، ينغمر أو يقتحم مثل هذا المذنب نجمًا ما بتلك المــستعمرة الميكروبية المتميزة. لأن النجم سوف يبخر مادة المذنب مُطلقًا الميكروبات. ومــن ثم يتم لفظها بترليوناتها العديدة مع الغبار الناتج من المذنب، مشكّلة بــذلك ســحابة مسكونة فى أغلبها. ومع أن العضويات فى هذه الحالــة ســتكون غيــر حــصينة ومعرضة للخطر، فليس طويلاً قبل أن يندفع بعضها إلى كوكب يتصادف مــروره عبر ذيل المذنب. ولأنها رفيعة للغاية فستقاوم معاناة عودة الدخول، وتتزلق بــبطء إلى سطح الكوكب الآمنة نسبيًا، وبهذه تكون الحياة قد احتلت الكواكب فــى نظــم نجمية أخرى، ومتماثلاً مع ذلك أن تكون الحياة قد أتت للأرض من كوكب يقع فيما وراء النظام الشمسى.

وخلال العشرين سنة الماضية ظــل كل من فــــريد هويــل **Fred Hoyle**، وشاندرا ويكراماسنجى، وفى مواجهة شكوك عديدة، يدفعان بنظرية أن المــذنبات لديها عضويات حية، ويدعمان هذه الفكرة من خلال سجلات الإحصائيات الطبيــة، وادعيا أن مرور المذنب مرتبط بظهور أو تفشى الأمراض(٢٣). وهمـــا يريـــان أن مختلف الأمراض الوبائية مثل الطاعون الجوســتينيانى الكبيــر لــسنة ٤٥٠ بعــد الميلاد، والذى يمكن أن يكون راح ضحيته مائة مليون شخص، هو مــن الناحيــة الفعلية له أصل خارج الأرض. وهما لم يفترضا أن الحياة فــى الفــضاء تعتبــر مقصورة فقط على المذنبات، وإنما أعادا للأنظار اقتراح أرهينيــوس **Arrhenius** الأصلى، بأن ميكروبات مستقلة يمكنها التحويم من دون حمايــة حــول المجــرة. مُشيرًا إلى حقيقة أن كثيرًا من البذور البين نجمية هى تقريبًا فى حجم الباكتيريــا،

وناقشا أن بعض كميات حقيقية من مادة الفضاء ما بين النجوم لها بالفعل أصل بيولوجي. وكدليل يدعم هذه النظرية الجريئة، فقد ركزا على حقيقة أن طيف الأشعة تحت الحمراء للـ **E.Coli** الجافة، تبدو شديدة القرب من الغبار البين نجمي.

وليس مفاجئًا أن يمسك بعض العلماء بنظرية «بذور فى كل مكان» **pans permia** فى محاولة لاستبعاد مشكلة النشوء الإحيائى. لأن الحياة لو أمكنها التناسل (سواء بالتكاثر الجنسى أو اللا تزاوجى) فيما بين النظم النجمية، فهى إذن لن تحتاج إلا إلى كوكب واحد لكى تضع ذراريها فيه، بمكان ما من ذلك الكون المتسع، وذلك باعتبار الحياة موجودة وقائمة على الأرض. ومن ناحيتى، فلا أشارك فى الحماس لهذا التخيل. ويبدو لى أن الانحراف بالمشكلة إلى الفضاء الخارجى لا يفيد بشىء لتغيير المشكلة المركزية الخاصة بالنشوء الإحيائى، وهى المشكلة التى تفشت بشكل وبائى فيما بين الأبحاث على نحو ما سبق لمدة عقود مضت – والتى بمعنى من المعانى. هل تبدو الحياة جيدة فقط لكى تكون حقيقية؟

الهوامش

(١) العوالم فى حالة الصنع "Worlds in the Making" لـــ: ســفانت أرهينيــوس (Harper, London 1908).

(٢) البقاء طويلاً لبواغى الباكتيريا فى الفضاء " Long-term Survival of bactrial sport in space" لـــ: ج. هورنيك "G. Horneck" و هـــ. بوكر "H. Bucker" و ج. ريتز "G. Reitz"

(Advanced Space Research 14, 1041 (1994)).

(٣) مستويات البقاء لبعض العضويات الميكروية الأرضية فى ظل ظــروف مــشابهة لظروف الفضاء " Survival Rates of Some Terrestrial Microorganisms Under Simulated Space Conditions" لـــ: ج. كويــك "J. Koike" وآخــر (Advanced Space Research 12, 4271 (1992)).

(٤) هل يمكن لبواغى العضويات أن تبقى فى الفضاء البــين نجمــى؟ " Can Spors Survive in Interstellar Space ?" لــــــ: بيتــر ويبــر "Peter Weber" ومايوجرينبرج "Mayo Greenberg (Nature 316, 403 (1985))". وانظر أيضًا متابعة كيرت ميليكوسكى "Curt Mileikowsky" هل البــواغى تــستطيع البقــاء لمليون سنة فى ظل إشــعاعات الفــضاء الخــارجى؟ " Can spores survive a million years in the radiation of outer space" – وتجده فى: عن الأصول البيوكيميائية والفلكية والبحث عــن الحيــاة فــى الكــون " Astronomical and Biochemical Origins and the search for Life in the Universe" الــذى نشره س.ب. كوزمــوفيكى "C.B. Cosmovici" و س. بــوير "S. Bowyer" ود. ويرثيمر "D. Werthimer".

(Editrice Compositori, Bologna, Italy 1997, p. 539).

(٥) الكون الذكى لـــ: فريد هويل (Michael Joseph, London 1983).

(٦) البانسبيرميا تعاود المجيء: قيود بيولوجية وفيزيوفلكية " :Panspermia revisited astrophysical and biological constraints" وتجــده فـــى: عــن الأصــول البيوكيميائية والفلكية والبحث عن الحياة فى الكون (مرجع مشار إليه فـــى التـذييل رقم ٤).

(٧) كان فى القريب جدًا عندما استطاع الفلكيون تعريف أى كواكــب خـــارج نظامنـــا الشمسى. والمشكلة فى رصد كوكب خارج النظام الشمسى تتحصل فى أنها تبــدو خافتة جدًا فى الظهور حتى فى أقوى التلسكوبات، وبالتالى فوجودها يمكــن فقــط استنتاجه بطريقة غير مباشرة. ولأن يدور فى مدار حول نجمه، فهو يمارس قــوة جذب شديدة تجعل النجم يتذبذب قليلاً. وهو تأثير شديد الضعف، ولكنه يظهر على مشهد ضوء النجم وبطريقة مميزة. وكنتيجة لملاحظة حذره، فإن كواكب كبيرة تــم رصدها عبر سنوات ضوئية قليلة من الأرض. والتقنية السائدة ليست جيدة بــشكل كاف لتحديد كوكب له نفس كتلة الأرض ومدارها، ولكن فى ضوء وجــود نظــم كوكبية أخرى، فيبدو بشدة أن كواكب مثل كوكب الأرض تتواجد فـــى مكـــان مـــا هناك. وربما ملايين كثيرة منها فى مجرتنا وحدها، وكل منها واعد بوجود حيـــاة. انظر: البحث عن كواكب فضائية أخرى "The Quest of Alien Planets" لـــــ: بول هالبرن "Paul Holpern». (Plenum, London, 1998)).

(٨) اختبار ميكروبولــوجى لــبعض الحلقيـــات الكربونيـــة مـــن نـــوع الكانـــدوريت A microbiological Examination of Some Carbonaceus " "Chandorite" "Chondrites لـــ: جـــورج كـــلاوس "George Claus" وبـــارثولوميو نـــاجى "Bartholomew Nagy». (Nature 192, 594 (1961)) ولمراجعة أكثر امتيازًا لتاريخ البحث عن الحياة فى الصخور النيزكية مع إشارة خاصة للحجر النيزكـــى

مورشيسون "Murchison" انـظر: «حجــر النـشوء» "Genesis Stone" لـــ: دافيد سيرجنت "David Seargent"

(Karagi Publications, Sydney 1991)).

(٩) كان العالم الألمانى هانزفلج Hans Phlüg قد قدَّم دليلاً على الحياة فـى الحجـر النيزكى Murchison، والذى درس هذا القطاع من الحجر بميكروسكوب عينـى Optical، والذى عثر فيه على نوع من الباكتيريا ذات طابع خيطى الشكل، وكانت ملحوظة جيدًا. انظر: بناء متناهى الدقة للمادة العضوية فـى الأحجـار النيزكيـة "Ultafine structer of the Organic Matter in meteorites" في: دراسـات أساسية ومستقبل العلم "Fundamentat Studies and the Future of Science" والذى نشره: ن.س. ويكراما سنجى "N.C. Wickramasinghe». (University College Cardiff, 1984, p. 24) وسرعان ما ذهب علماء آخرون إلى استبعاد ما ادعاه العالم فلج.

(١٠) الطريق الصخرى للبانسبيرميا "The rocky road to ponspermia" لـــ: هــ.ج. ميلوش "H.J. Milosh". (Nature 332, 687 (1988)) ومن أجل تقدير تبـسيطى وميسّر انظر: الأحجار الكانسة: تُعيِّر سطوح المادة عبـر الكواكـب" Swapping Rocks: Exchange of Surface Material Among The Planets" لـــ: هــ. ج. ميلوش (The Planetary Report 14, 16 (1994)) وحدوس أخرى مبكـرة على نفس المنوال كان قد قدمها بنيتون كلارك "Benton Clark" وجردا هورنيك "Gerda Horneck" انظر: أصل الحياة وتطور المجال الحيوى " Origin of Life and Evolution of the Biosphere" (16, 410 (1985)) وكان ميـشيل بـين "Michael Paine" قد اقترح أن انتقال العضويات بين الكواكب عبـر الـصخور يجب أن يشير إلى «الترانسبيرميا» لكى نفرق بينها وبين نظرية أرهينيوس بشأنها.

(١١) انظر التذييل رقم ١ ص ٢١٩.

(١٢) كتب البيولوجى البارز جورج جايلورد سمبسون "**George Gaylord Simpson**" يقول: «إنه من غير المحتمل بشدة وإلى حد الاستحالة، أن أى شكل للحياة قد سبق أن انتقل بالطرق الطبيعية من نظام كوكبى إلى آخر». ومع ذلك استخلص «أن مثل هذا الارتحال بين الأرض والمريخ وهما فى نظام كوكبى واحد يظل غير محتمل الوقوع أيضًا، وإن كان إمكانية حدوثه ليست من بين المتحكم فيه». انظر: عدم غلبه أشباه البشر. "**On the nonprevalence of Humanoids**" لـ: جورج جـايلورد سمبسون "**George Gaylord Simpson**». **(Science 143, 772 (9164))**.

(١٣) التبادل أو مقايضة المقذوفات الناجمة عن التصادم مع الكواكب الأرضية أو الدنيوية. "**The Exchange of Impact ejecta between terrestrial planets**" لـ: بريت جلادمان "**Brett Gladman**" وآخر **(Sience 271, 1387 (1996))**.

(١٤) كان قد كتب تقريبًا عن قيام الميكربولوجى (من كاليفورنيا) راؤل كلانو "**Raul Cleno**" قد كون شركة لكى يحجز ميكروبات قديمة من الأحافير لإمكان استخدامها للسيطرة على الزراعة. وكان هذا التقرير بمعرفة **NZPA** فى – على سبيل المثال:

(The Weekend Australian, 12 April 1997).

(١٥) الاقترابات الخارجية للحياة "**The Outer Reaches of Life**" لـ: جون بوستجيت "**John Postgate**"

(Cambridge University Press, Cambridge (1994)).

(١٦) كان ميلوش ومناصروه قد أجروا حوسبة لمستويات بقاء الميكروبات المرتحلة عبر الكواكب فى الفضاء، واقترحوا أنه فى داخل صخرة أكبر من متر واحد من الحافة للحافة فإن التغطية الإشعاعية ستكون جيدة لدرجة أن المصاعب الرئيسية ستكون من النشاط الإشعاعى للحجر نفسه. وشريحة المقاومة الصغيرة للإشعاع لدى الباكتيريا فى حالة تعليق الحيوية هى التى تسمح ببقائها لمدة ثلاثة إلى أربعة ملايين

سنة، حيث تسهل الرحلة من المريخ للأرض، وفى حالة طيـران أخـرى تـشمل مخاطر أخرى مثل درجة حرارة متباطئة ولكن مستمرة والتمزيق الكيميائى لأحبال الدنا. ومرة أخرى، فإن البقاء الطويل جدًا يكون متوقعًا فى ظل ظروف مفـضلة. انظر: لانتقال الطبيعى للميكروبات القابلة للحياة فى الفضاء " **Natural transfer of viable Microbes in space**" لــ: كيرت ميليكووسكى وآخر **(Icarus 145, 391 (2000))**.

(١٧) عودة عينات من المريخ، أفكار مبدئية وتوصيات لــ: كينيث نيلسون وآخر (مصدر سابق) ص ١٨.

(١٨) انظر: البحث عن الحياة فى المريخ لــ: كريستوفر ماك كاى (مصدر سابق).

(١٩) سبق أن اقترح نسبت "**Nisbet**" وسليب "**Sleep**" هذه الفرضيات: إن أحد الـشروح عن مصدر مريخى قابل للدفاع عنه بشأن أصـل الإيكاريـا "**Eucarya**" هـى أن السلف من الإيكاريوت "**eukaryote**" أصبح فيما بعد يمثل الانتقال المريخى الثانى. وفى هذه الفرضية، فإن الخلية الرئيسية للإيكاريوت ظلت تظهر على المريخ بعـد وقت من قذف السلف من الأرشيا "**archaea**" والباكتيريا إلى الأرض. وإذا ما خلية من هذا النوع قد قُذفت فيما بعد إلى الأرض، فإن الوافد الجديد والذى يعتبر ابن عم بعيد لسابقه، يمكن أن يستضيف حياة تكافلية مع الباكتيريا. وتجد ذلك فـى: بيئـة وطبيعة الحياة الباكرة "**The Habitat and nature of early life**" لــ: إى. ج. نسبت "**E.G. Nisbet**" و ن. هــ. سـليب "**N.H. Sleep**». **(Nature 409, 22 February 2001, 1083-91; see page 1087)**.

(٢٠) هـل من الـخطير إعـادة عينـات مـن المـريخ إلـى الأرض " **Is it dangerous to return samples from Mars to Earth**" لــ: كـارل سـاجان "**Carl Sagan**". **(The Planetry Report 14, 3 (1994))**.

(٢١) فى المجال الحيوى الحار والعميق "The deep hot biosphere" لـ: ت. جولد "T.Gold" (Proceedings of the National Academy of Science USA 89, 6045 (1992)).

(٢٢) الثلج البروميثى (نسبة إلى بروميثوس) "Promethean Ice" لـ: كريستوفر ماك كاى "Christopher Mckey". (Mercury 25, 15 (1996)).

(٢٣) أمراض من الفضاء "Diseases from Space" لـ: فريد هويل وشاندرا ويكراما سينجى (Dent, London 1979)).

الفصل العاشـــــر
الكون المتعاطف بيولوجيًا

كلما فحصت الكون أكثر، ودرست تفاصيل معماره، وجدت دلائل متناميـة على أن الكون بمعنى من المعانى، كان يعلم بأننا قادمون.

فريمان دايسون

Freeman Dayson[١].

تهلل علماء ناسا عندما جاهدت سفينة الفضاء «جاليليو» المعطلة فى معاودة بث صورها مرة أخرى فى أبريل عام ١٩٩٧. وكانت الكلمة الصادحة على كـل لسان هى: «الحياة». وتركزت الإثارة وقتئذ على اكتشاف أول محيط فى الفـضاء الخارجى. وكان علماء المهمة الخاصة بالقمر «أوروبا»، والتى قامت بهـا سـفينة الفضاء، يعلمون بالفعل أنه مغطى بالثلج. وكشفت «جاليليو» عن جبال ثلجية تطفح عنها مياه سائلة، أو على الأقل جليد رقيق القوام أو نصف ذائب. وكانت قشرة قمر المشترى ذاك **Jovian moon** والمتجمدة بالكامل تبدو وكأنها تنزلق على طبقة من السوائل.

ويكاد كل مُعلِّق أو مُعلِّقة يلهجون بأن وجود مياه، بالإضافة إلى العضويات، فإن ذلك يعنى «حياة» أو على الأقل فرصة لهذه الحياة. أما صـوت العقـل فقـد لخصه عالم مهمة ناسا ريتشارد تيريل **Richard Terrile** عندما صرح للـصحافة: «عند وضع هذين العنصرين المهمين معًا فى الأرض ستحصل على الحياة خـلال بليون سنة"[٢]. إذن هذا ما سيحدث فى القمر «أوروبا» أيضًا. هكذا ببـساطة كمـا اعتاد الساحر الإنجليزى تومى كوبر **Tommy Cooper** أن يقول. ومن المؤسف أن

الجزء من المنطق الذى يربط المياه بالحياة من النادر أن يكون أكبر من ملاحظة أن الحياة من دون مياه مستحيلة وموازاة أو التسوية بين الحياة والمياه تخفى فى طياتها قفزة هائلة إلى الإيمان(٣).

ولربما كانت الحياة تستقر تحت القشرة الثلجية للقمر «أوروبا»، سواء بسبب ضعيف ذى صلة، وهو أنها ارتحلت إلى هناك من الأرض عبر صخرة نيزكية، أو للسبب الأكثر شهرة، وهو أن الحياة يصعب تجنبها عندما تتوافر المشارطات المناسبة لها. وطبقًا للمدرسة الحاسمة فى البيولوجيا، والتى أملت حديثًا تأييدًا لوجهة النظر الغالبة لهيئة ناسا والتى يشارك معهم فيها بعض المعلقين، والذى يتلخص فى أن الحياة سوف تتشكل أوتوماتيكيًا فى أى بيئة تشبه بيئة الأرض.

نعم خذ كمية من المياه، وأضف إليها بعض الأحماض الأمينية والقليل من بعض العناصر الأخرى، ودعها تتفاعل فى جو حرارى على نحو ما، ولمدة ملايين قليلة من السنوات، وبعدها سوف يملؤنا العجب، ونهمهم بالتساؤلات أثناء تهليلنا للنتيجة: ثمة حياة، هذا المنهج المألوف انتقدته بحدة المدرسة المضادة، التى تركز على التعقيد المرعب أو الرهيب للجزىء الحى حتى فى أبسط أشكال الحياة. هذا التعقيد المحض فى «الحياة» ينمّ عن سلسلة عجيبة من الوقائع، وهى أيضًا ذات طبيعة فريدة فى الكون. وهم يقولون إنه لا توجد أى كمية من المياه، حتى لو تزركشت بكيماويات متخيلة، سوف تنشئ الحياة عبر إحدى حالاتها المزاجية أو هكذا ببساطة. ومن ثم فإن الحياة على الأرض من غير المحتمل أن تكون ضربة بغير رام.

ومن خلال دعواهم بأن المياه تعنى الحياة، فلم يكن علماء ناسا مجرد مبتهجين بمهمتهم، وإنما ضمّنوا حديثهم افتراضًا هائلاً وشهيرًا عن «طبيعة» الطبيعة. لقد قالوا إن قوانين الكون قد برعت فى استنباط وسائل تلاطف بها الحياة لكى توجد، رغم تضاد ذلك مع المواد الخام النيئة المتاحة، والتى تعرضها المبادئ الرياضية للفيزياء ببساطتها الرشيقة، على نحو ما مقدمًا، عن الحياة وتعقيدها. فلو

أن الحياة تظهر تالية وبشكل مستقل عبر «حساء»، فلا بد أنها قد قامت بتشفير تعليمات ذات طابع آخر يقول لها «اصنعي الحياة». ومن خلال هذه الحياة تظهر المنتجات الثانوية: العقل والمعلومات والفهم. ويعني ذلك أن قوانين الكون قد هندست إدراكها أو فهمها الشامل. وهذه الوجهة من النظر بشأن الطبيعة تخطف الأنفاس، ومهيبة للغاية وترتقي بحصادها إلى المستوى الملكي الفخيم. ومن ناحيتي أتمنى أن يكون ذلك صحيحًا، كما أنه سيكون أمرًا هائلاً لو أنه كذلك. أما لو كانت تقدم بديلاً في النظرة العلمية للعالم لها نفس الشهرة والأهمية لتلك التي أنشأها من قبل كوبرنيقوس وداروين كلاهما معًا. وسوف لن يخطف لبيّ تلك الأقوال العفويّة، مثل أن المياه بالإضافة للعضويات، تعني الحياة باعتبارها من الواضح أنها بعيدة عن الوضوح.

ولو أن البيولوجيا القدرية «المحتومة» قد تأكدت من خلال اكتشاف حياة بديلة وراء الأرض، فإن ذلك سيدحض أو يفند بشكل درامي النموذج الأرثوذكسي (الصارم) المنغمس بالكامل في الصدفوية الداروينية.

تلك «الأرثوذكسية» تعول بأن لا شيء في الحياة يعتبر مقدّرًا سلفًا، وأن التطور البيولوجي هو تتابع سلسلة من العمليات التي ينقصها المعنى وتفتقد للتوجّه السليم. وليست ثمة غايات أو أسباب نهائية. أما لو كانت الحياة مما لا يمكن تجنبه، فإن ذلك يعني أن وقائع القدر ليست صامدة أو مقاومة لتحقق غاية محددة. إنها مبنيّة داخل القوانين. وتبدو «النهاية» على نحو تشككي، كما لو كانت «هدفًا» أو «غرضًا» – الكلمات المقدسة **toboo** في العلم تحمل في ثناياها رائحة عصر الأديان الذي توارى.

هذا وتعتبر عواقب العثور على الحياة في أماكن أخرى من الكون من المسائل الصعبة للغاية. إنها تسمو وتتجاوز مجرد العلم، وتصطدم مع المقولات الفلسفية، مثل عما إذا كانت الحياة تعني الوجود الفيزيائي، أو أن الحياة بما فيها الكون وأي شيء آخر، هي نوع من العبث ولا غاية لها على الإطلاق. تلك هي

الأهمية القصوى للبحث عن الحياة فى المريخ أو ما وراءه. ولذلك يجب أن نحث هذا البحث كأولوية كبيرة. وهذا أيضًا، يعد سببًا فى أن نظرية «البذور فى كل مكان» تصبح نظرية حاسمة. ولكى نبرهن أن الكون متعاطف بيولوجيًا، فيجب أن نعرف، على سبيل التأكيد، أن الحياة قد حدثت أكثر من مرة، والذى يعنى أن السيطرة على الكواكب تتم عبر التلوث. إن العثور على حياة أرضية فوق المريخ لن يقول لنا شيئًا عن أصل الحياة. ولو أنه يمكن الإقلال من شأن هذا التلوث، فإن ميكروبًا مريخيًا واحدًا يمكن أن يغيّر، وبشكل نهائى، الصورة التى لدينا عن الكون.

إن البحث عن الحياة فى الكون، هو فى حد ذاته بحث عن ذواتنا نحن، من نكون وما هو موقعنا فى المخطط الكبير للأشياء. إذن ما الذى يقترحه علينا الدليل العلمى؟ هل نحن مجرد غرائب تافهة، أو النتاج المتوقع لكون عبقرى متآلف بيولوجيًا؟

هل سبق أن بدأت الحياة؟

كل المناقشة حول أصل الحياة تتواصل، بدءًا من افتراض أن الحياة بالفعل لها أصل. هل من المفهوم أن الحياة كانت دائمة الوجود؟ من الواضح أن الحياة الأرضية لم تكن موجودة على الدوام، لأن الأرض نفسها لم تكن دائمًا موجودة. ولكن ربما كانت الحياة فى مكان ما حول الأرض قبل تشكلها، ثم جاءت هنا عبر إحدى عمليات «البانسيبرميا» (الديدان أو البذور فى كل مكان). وإذا كانت العضويات قابلة للانتقال من نجم إلى نجم آخر عبر الكون، حينئذ يتناقض سؤال هل كانت للحياة بداية إلى سؤال عما إذا كان للكون بداية.

افترض معظم العلماء فى القرن الـ ١٩ أن العالم أبدى. وكان من الممكن وقتها التصديق بأن الحياة تتساوى مكانيًا وزمانيًا فى الفضاء. وهو الموقف الذى

تربع قمته كل من سفانت أرهينيوس **Savante Arrhenius** ولورد كيلفن **Lord Kelvin**. أما اليوم، فإن معظم العلماء يعتقدون أن الكون نفسه لم يكن موجودًا بصفة دائمة، ولكنه بدأ مع الانفجار الكبير، وثمة دلائل ملحوظة تدعم هذه النظرية. ومع ذلك فليست هناك أسباب جذرية معروفة عن السبب فى أن الكون لم يكن موجودًا على الدوام. والنموذج القائم على أنه لم تكن له بداية وليست له نهاية، يتمثل فى نظرية تعرف باسم نظرية الكون الثابت أو المستقر **Steedy-state theory**، والتى راجت فى خمسينيات القرن الماضى. وكان من المناصرين الرئيسيين لهذه النظرية فريد هويل **Fred Hoyle**. وكل من نظريتى الانفجار الكبير والكون المستقر يفترضان أن الكون يداوم الامتداد. ففى نظرية الانفجار الكبير تأتى كل مواد الكون للوجود عبر طريق واحد فى الفضاء – بشكل أكثر أو أقل، وبما أن الكون يمتد، فإن المجرات تتطاير متباعدة ومن ثم تتناقص تدريجيًا، وبالتالى يتناقص تدريجيًا المستوى العادى لكثافة المادة. وبالقياس مع نظرية الكون المستقر تبقى تلك الكثافة مستقرة. لأن المادة تتخلق باستمرار مشكِّلة مجرات جديدة، تحل مكان المجرات القديمة فى اتساع الكون. وفى قياس كبير، فإن الكون يبقى على نفس صورته تقريبًا من عصر إلى عصر، كما لو أنه يستكمل ما نقص فيه أو يعاد شحنه بوقود جديد على نحو جيد.

ولأن الكون الثابت ذاك له عمر لا نهائى، فيمكننا أن نتخيل أن الحياة بدورها ربما مستمرة فى الوجود إلى الأبد. وبالتالى فإنه لا الكون ولا الحياة كانت لأيهما بداية. وما دامت العضويات يمكنها الانتقال من المجرات القديمة إلى المجرات الجديدة، فلا حاجة للحياة للتشكل من جديد عبر كيماويات ما. وبالتالى انحلت مشكلة البيولوجيين بالكامل. وليس من الضرورى مشايعة حالة الكون المستقر إلا لتجنب أصل الحياة. إضافة إلى أن الكون يحتفظ على الدوام بعمليات تَخَلُّق لا نهائية وأنه قديم بشكل أبدى، وطالما استطاعت الميكروبات العثور على وسيلة للسفر بأمان من مكان إلى آخر، فربما كانت الحياة على الدوام حائزة على

نفس خاصية الكون. وهذا بالضبط ما اقترحه كل من هويل وويكراماسينجي **Wickramasinghe**(٤).

ونظرية الحياة الأبدية تسفر عن نتيجة تبعية غريبة. فلو أن الحياة امتدت عبر الفضاء والزمن، ولو كان الأمر كما تقول به نظرية الكون المستقر، بأن هناك عددًا لا نهائيًا من الكواكب، فلا بد إذن أن يكون هناك عدد لا نهائى من النظم الحيوية. ولو أن شريحة من هذه النظم طورت نظمًا للذكاء والتقنية، فسوف سيكون هناك عدد لا نهائى من المجتمعات العلمية فى الكون. وبما أنه لا حدود لمنذ متى ظهرت هذه المجتمعات العلمية، فإن بعضها بالضرورة سيكون أقدم من غيره، وبالتالى أكثر تقدُّمًا، وإذا كانت الحياة الميكروبية قد استطاعت الانتشار عبر الكون، فلا بد أن يكون الأمر كذلك مع الحياة الأكثر تقدمًا أو الأكثر ذكاء. وبهذه الكيفية فقد انسقنا إلى نتيجة مؤداها أن ما نسميه «الكون» قد اُقتُبِسَ من حياة ذكية. والأمر لن يتطلب أكثر من امتداد واحد لأحد المجتمعات التقنية، لكى يسيطر الذكاء على منطقة كبيرة مترامية من الكون. وبالنظر لأن الوقت المتاح لهذه العملية لا حدود له، فلا بد فى النهاية أن تتوحد الطبيعة مع الذكاء، ويتساويان معًا فى هذه المنطقة المُسيطر عليها، وسيصبح العقل مجرد ملمح دائم للكون، شأنه شأن المادة.

وهذه النتيجة لم تكن غائبة عن هويل، حيث وصف فى كتابه «الكون الذكى» **The intelligent universe** حالة للأشياء تشبه كثيرًا ما وصفته على التو(٥)، فيما عدا وجود قانون ما، لدى الطبيعة تحدّ به نمو الذكاء والتقنية، أو تمنع تشكلات الذكاء من الانتشار عبر الكون، فى الوقت الذى يبقى فيه هذا القانون سامحًا للعضويات الصغيرة البسيطة لكى تفعل ذلك، ولعله من الصعب تجنب هذه المقترحات الدرامية لهويل. كما أن فرانسيس كريك **Crick** وليزلى أورجل **Leslie Orgel**، قد توصلا بدورهما إلى نتيجة مشابهة، وبسبب تأثرهما بالصعوبات الحقيقية التى واجهها علماء البيولوجيا فى تفسيرهم للحياة البيولوجية، فقد اقترحا فكرة «البانسبيرميا الموجهة» والتى طبقًا لها تحصنت الأرض ببذور الذكاء من

خلال كائنات فضائية[٦]. وعبر الامتداد، فإن الحياة يمكنها أن تنتشر حول الكون كله بهذه الطريقة، دون حاجة لأن تتجذر فى أى منه تحديدًا.

وكثير من الناس يرون فى فكرة «الحياة الكونية» أنها فكرة جذابة. ولكن مع ذلك، ومن الناحية العلمية، فهى تنطوى على قدر قليل من الغش. إنها تحاول تجنب أو تراوغ مشكلة أصل الحياة بنقلها إلى الفضاء، وعائدة بها زمنيًّا إلى الوراء حتى تختفى نهائيًا من المشهد. ومع أنه لا يوجد ما هو خطأ من الناحية المنطقية فى تلك النظرية فى خصوصية أن الحياة والكون كانا دائمًا موجودين، إلا أنها لا تُقَدِّم لنا تفسيرًا لأى منهما. فإنك لا تستطيع أن تشرح شيئًا بأنه كان موجودًا على الدوام. وعليه فأنا من الآن فصاعدًا سأفترض أن الحياة بدأت فى مكان ما وبطريقة ما، وربما على نحو مستقل فى بعض الأماكن، متسائلاً عمَّ تتطلب الطبيعة توظيفه من أجل تحقق ذلك؟

هل زودتنا قوانين الطبيعة بأسباب الحياة؟

(الكون لم يكن فى حالة «حمل» بالحياة، ولا كانت الأجواء «حبلى» بالإنسان)[٧].

جاك مونود Jacques Monod

بل أنت مخطئ، فقد كانا كذلك.

كريستيان دى دوف[٨] Christian de Duve

لقد أمسك جاك مونود بالفكرة وأشار إليها، وهى أن الطبيعة نتاج لعاملين أساسيين هما: المصادفة والقانون أو «الضرورة» كما شاء هو أن يعبِّر عنهما. خذ مثالاً على ذلك مدار الأرض حول الشمس: إنه مدار إهليلجي (بيضاوى الشكل) طبقًا لقوانين نيوتن بشأن الحركة والجاذبية. وربما القول بأن شكل المدار

بالضرورة إهليلجى، ومن الناحية الأخرى فإن المقاييس الدقيقة للمدار، مثل كم البعد العادى للأرض عن الشمس؟ تنتج عن عوامل كثيرة معقدة والمتضمنة بعض الوقائع التاريخية المتصلة بما هو الشيء الذى ضرب السديم الشمسى. ليست ثمة ضرورة أن تدور الأرض حول الشمس وهى على بُعْد ١٥٠ مليون كيلومتر عنها، بديلاً عما هو مفروض، قل مثلاً مائتى مليون كيلومتر. فالمدار الفعلى إذن يخضع جزئيًا للضرورة وجزيئًا للمصادفة. وإذا ما عثرنا على كوكب يشبه الأرض فى نظام نجمى آخر، فلن يتطابق مداره مع مدار الأرض حول الشمس بالكيلومتر، واحدًا إثر الآخر، ولكن قانون الجاذبية هو الذى سيتطلب منه اتخاذ مدار إهليلجى.

ولدينا مثال شديد التطرف على «الضرورة» يتمثل فى البللور. فالترتيبات الهندسية للنظام الشبكى للبلورة تتحدد بالكامل على أساس عمل القوى الداخلية لذراتها. بللورتان من الملح الخالص سوف يتطابق تركيبهما، كما أن الأمر كذلك بالنسبة لبللورتين من الماس **diamond**، والمصادفة لا تدخل فى هذا، فالبللورات تتشكل بالضرورة كذلك. وبالمقارنة لدينا مثال آخر شديد التطرف بدوره على المصادفة ألا وهو ماكينة الكرات «المدفوعة»، إذن لا شك فى أن الكرات ستخضع لقوانين نيوتن عن الحركة، فى تصادمها مع القطع الخشبية التى تدفعها، إنما سيكون مصيرها النهائى صدفويًا بالكامل. فنحن لا نتوقع أن تنتهى هذه الكرات دائمًا فى الحفرة المرجوَّة.

وعندما نأتى للحياة فما القدر منها الذى يخضع للمصادفة، والقدر منها الذى يخضع للضرورة؟ مونود نفسه لم تكن لديه أى شكوك فى أنها بالكامل وبشكل ساحق تخضع للمصادفة، وقد احتفظ بصورة مشهدية تمجد هذا التصور فى كتابه الشهير المعنون «المصادفة والضرورة» **Chance and Necessity**. لقد ناضل مونود من أجل فكرة أكثر من ذلك وهى أن صدفوية الحياة لم تكن فقط تطبيقًا للطبيعة العشوائية وغير المُوَجَّهة للتطور. ولكن للعمليات الفيزيائية التى أنشأت الحياة فى المقام الأول. وبالنسبة لمونود فإن تكوّن أو نشوء الحياة كان مجرد

انعطاف حاد من «القدر» فى «لعبة» لوتارى كونية عمياء. وكما سبق أن شرحت فى الفصل الثالث، عن احتمالية تشكل الحياة بشكل منفرد من خلال عشوائية الخلط غير المنظم (اللخبطة) بين الجزيئات التى تعتبر حالة متناهية الصغر فى ضآلتها. ولو كانت قد حدثت على هذا النحو، فسيكون ذلك لمرة واحدة فى هذا الكون الذى نلحظه ونراه.

فلو أننا عثرنا على حياة فوق المريخ أو فى أى مكان آخر من دون أن يكون للبانسبيرميا دخل فى ذلك، فإن مذهب مونود فى الصدفوية، ومعه وجهات النظر الفلسفية التى اتخذت طابع الانعزال والكآبة المؤيدة له، ستكون جميعًا غير قابلة للتصديق. وهؤلاء الذين يعتقدون بأننا لسنا وحدنا فى الكون، يرفضون فعليًا فكرة المصادفة العمياء كتفسير لأصل الحياة، ويفترضون وجود عامل الضرورة أو سطوة القانون فى المسألة. وبكلمات أخرى، هم يفترضون أن ظهور الحياة من بين كيمياويات غير حيّة، نتاج للقوانين الكونية فى مجراها العادى، وإذا كانت هذه القوانين قد عملت على هذا النحو هنا فى الأرض، فمن الطبيعى أن يتشابه ما تفعله على كواكب أخرى أيضًا. وهى وجهة نظر أقرها المجلس الوطنى الأمريكى للعلوم فى تقييمه للحياة الموعودة فوق المريخ[٩]. «وبالنظر لظهور الحياة على الأرض، فإنه يبدو ممكنا أو حتى قابلاً للتصديق بأنها ظهرت على المريخ فى ظل ظروف مشابهة، وتقريبًا فى الوقت نفسه».

والمعتقد القائل بأنه ما دامت الحياة وُجِدَتْ على الأرض، فلا بد أن تكون شائعة عبر الكون كله، أحيانًا ما يتسمى بـ «القدرية» أو المحدّد بواسطة القضاء والقدر أو «الحتمى»[١٠]. ويبدو أن هذه التسمية منتشرة بشكل واسع بين الفلكيين والكيميائيين والفيزيائيين، وبشكل أكثر ندرة، بين البيولوجيين[١١]. إذ إنه حيال تقييم الأمر ومدى صلته بأهمية المصادفة والضرورة فيما يتعلق بأصل الحياة، ينحاز معظم البيولوجيين إلى جانب وجهة نظر مونود فى المصادفة كعامل مهيمن. ولكن هناك بعض الاستثناءات فى ذلك. إذ سنجد أن كريستيان دى دوف، أحد الحائزين

على جائزة نوبل مثله مثل مونود، والذى يرى أن تشكل الحياة لم يكن مما يمكن تجنبه وأنه تسارع فى ظل الظروف التى ناسبته. ففى كتابه المعنون «الغبار الحيوى» **Vital Dust**، الذى يحمل عنوانًا فرعيًا يقول: «الحياة كفعل أمر كونى» **Life as a cosmic imperative**، اعتقد أن الكون كان بمثابة «سرير المهد» بالنسبة للحياة، والتى ظهرت كنتيجة تبعية تلقائية تبعًا لقوانين الطبيعة، وكتب(١٢): «الحياة هى منتج لقوى حتمية» و «الحياة كانت مضطرة للظهور فى ظل الظروف الكاشفة لها، وستظهر بالطريقة نفسها، أينما وحينما تتحصل على ذات الظروف ... الحياة والعقل لم يظهرا كنتيجة لحادث نزوى أو خاضع للهوى، ولكن كتمثُّل طبيعى للمادة، مكتوبًا فى نسيج الكون».

ما هى إذن تلك القوانين المتآلفة بيولوجيًا، التى شجعت بوضوح كلاً من المادة والطاقة غير المنظمتين على التسارع نحو طريق الحياة؟ هل هناك مبادئ بيولوجية خاصة فى حالة عمل؟ أو أنها القوانين العادية للفيزياء، هى التى قامت بتحقيق «اللعبة» أو «الخدعة» إذا شئت؟ من الناحية التاريخية، هناك نموذجان لوجهتى النظر منذ القدم، فمن ناحيته اقترح أرسطو **Aristotle** مثلاً أن الحياة هى عرض للمبدأ المنظم للكون. وداروين أيضًا اقترح(١٣). «أن مبدأ الحياة من الآن فصاعدًا سيظهر على أنه جزء أو نتيجة تبعية لقانون عام ما». وأظن أنه من العدل، مع ذلك، أن قلة من البيولوجيين يعتقدون اليوم بأن ثمة قوانين للحياة بنفس طريقة وجود قوانين للفيزياء. والكثيرون يجدون فى فكرة وجود قوانين خاصة أو مبادئ خاصة هى التى قادت المادة فى اتجاه الحياة، فوق وأكثر من القوانين الأساسية للفيزياء، هى فكرة ذات مغزى روحى لا يتسنى إدراكه عقليًا، وفكرة تذكرية فيما يتعلق بالحيوية، وذلك فى آن معًا.

وهكذا فربما تكون القوى اللازمة والضرورية لإنتاج الحياة مُتضمّنة بالفعل فى قوانين الفيزياء ذاتها؟ تخيل أن الحياة تظهر فى «حساء» بنفس الطريقة المستقلة التى تظهر بها بللورة فى محلول مُشبَع بشكلها النهائى والمحدد مسبقًا

بواسطة القوى الداخلية للذرات. وخذ فى اعتبارك مثلاً: الطريقة التى ترتبط بها الأحماض الأمينية مع بعضها لتنتج البيبتيدات المتعددة التى هى ذخيرة البروتين. ولاحظ أنه لكى تحصل على وظيفة بيولوجية. فلا بد أن ترتبط الأحماض الأمينية فى تتابع معين مناسب، لأنها لو ارتبطت بشكل معدَّل قديم، فلا مجال هناك لفرصة الحصول على بروتين له فائدة. لكن افترض أن القوى داخل الذرات التى تعمل على إجبار وصياغة البيبتيد، والذى يُعَدُّ عبدًا لها لا يفعل سوى ما تأمره به، كانت قادرة على التمييز بين التتابعات المختلفة. فلربما تستطيع هذه القوى أن تفضل تجميع الأحماض الأمينية على نحو يجعلها مفيدة بيولوجيًا.

وربما كانت مصادفة أن الأبحاث تدعى ذلك بالضبط فقد اختبر كل من جارى ستينمان **Gary Steinman** وماريان كول **Marian Cole** اللذين يعملان فى جامعة ولاية بنسلفانيا، وذلك فى ستينيات القرن الماضى، أقول اختبرا تقارير تعنى: «بأن الأحماض الأمينية ربما شكلت سلاسل بيتيدات بطريقة عشوائية محضة[١٤]، وبدا أن تجاربهما تؤكد أن الجزيئات ذات القيمة أو المغزى للحياة قد صُنعت على أساس المفاضلة. «وهذه النتيجة أيقظت المشهد برمته باعتبارها فريدة، بما يعنى أن تتابعات البيتيدات الوثيقة الصلة بالحياة، ربما تكون قد أُنتجت فى وقت سابق على الحياة. وهى العبارة التى كتباها كما لاحظا – ستينمان وكول: «أن تفاعلات المفاضلة كانت على مستوى عالٍ من التنظيم أيضًا بالنسبة للنظام البيويوجى».

وادعى ستينمان وكول أن المادة لديها ميل متأصل لتلمس طريقها للحياة طبقًا لفضيلة الانجذابات الكيميائية التى تعمل بين الذرات والجزيئات[١٥]. وفى هذا لم يكونا وحدهما، فقد توصل سيدنى فوكس **Sidney Fox** إلى خلاصة قال فيها: «الأحماض الأمينية تحدد نظامها الخاص بها فى درجة كثافتها» وإن تلك الأحماض غير العشوائية و«التى تصدر تعليماتها ذاتيًا» هى التى تنفخ فى الجزيئات الماكروية المعلومات الحيوية الحاسمة، ممهّدة بذلك الطريق للحياة. ومثل سيدنى

فوكس، فقد كان المرحوم سيريل بونامبيرومـــا **Cyril Ponnamperuma**، والـــذى كان واحدًا من الروّاد فى بحوث النشوء والتكوّن، قـــد اعتقـــد «أن ثمـــة خـــواص موروثة فى الذرات والجزيئات، والتى يبدو أنها تقود عملية التركيب والتكوين فـــى اتجاه الحياة(١٦)». وكرر فى أقواله الخطر المألوف فى التسبيب بأن قوالـــب بنـــاء الحياة منتشرة على اتساع الكون، وعلى ذلك يجب أن تكون الحياة أيـــضًا(١٧): لقـــد اكتشفت الدراسات الفلكية الرادارية نظامًا أو حشدًا وفيرًا من الجزيئات فى وسط ما بين النجوم. وهكذا نجد أنفسنا مسوقين للنتيجة، التى لا مهرب منها، وهى أن الحياة لها مستقر عادى فى الكون (أوضحت فى الفصل الثالث أن هذه المناقـــشة زائفـــة بالكامل، ومن قبيل مراجعة ما ذكرته من مجاز: القوالب بذاتها لا تبنـــى وحـــدها منزلاً (١٨).

ولو أننا تأملنا «حساء» من الكيماويات، والمدى القريب مـــن الـــلا نهـــائى والممكن للتفاعلات، سوف نجد شجرة واسعة من القرارات للترتيبات التى يجب أن تجريها الجزيئات، ولكنها فقط غصينات قليلة من الشجرة التى ستقود إلى الحيـــاة. أما فوكس وبونامبيروما، فقد اقترحا أن الأفضلية التى تحكم الـــصلات الكيماويـــة، هى التى ستغوى الجزيئات المشاركة تجاه الطريق الصحيح عبر الشجرة، إلـــى أن تُبقى على الحياة. وإذا كان هذا صحيحًا فسوف يكون صاعقًا ومـــذهلاً، ولا أقـــول غير قابل للتصديق. فالادعاء بأن عمليات الذرات تتضمن انحيازًا داخليًا فى ذواتها تفضل به العضويات الحية، يُعنى أن قانون فيزياء الذرات يحتوى فى ذاته، وبشكل مؤثر، على «الطبعة المبدئية للحياة». وسوف تكون هنـــاك رابطـــة بـــين القـــوى الأساسية التى تعمل على الذرات، وبين المنتج النهائى والميكروسكوبى المعقـــد – العضو الوظيفى. ولكن ماذا ستكون عليه طبيعة تلك الرابطـــة؟ وكيـــف تـــستطيع قوانين الفيزياء الأساسية أن تعرف شيئًا عن التعقيد، وعن المعلومات التى تحملهـــا جواهر مثل الخلايا الحيّة؟

ولإيضاح جوهر اعتراضى، فهو كالتالى: المعروف عن قوانين الفيزياء التى تعمل بين الذرات والجزيئات أنها بحسب التعريف، بسيطة وعامة. وعلينا ألا نتوقع منها وحدها أن تؤدى بصرامة إلى شىء عالى التعقيد أو شديد التخصص. ولتدعنى أطرح عليك أين تكمن المشكلة. ففى الفصل الرابع، أشرت إلى أن التكوين الجينى هو بالكثير أو القليل، عبارة عن تتابعات عشوائية للأزواج القاعدية، وأن هذه العشوائية بذاتها ضرورية، إذا كان عليها دور فى إطلاق أو استخراج جزيئات غنية بالمعلومات. ولكن هذه الحقيقة تتناقض بشكل تام مع الادعاء بأن الجينات يتسنى لها أن تتكاثر من خلال عملية أشبه بالقانون، تتسم بالبساطة وإمكانية التنبؤ بها. وكما شرحت فى ذلك الفصل أن القانون هو وسيلة لضغط قائمة المعلومات بطريقة حسابية ووصف التعقيد الواضح بواسطة معادلة بسيطة أو إجراء سهل. وعلى سبيل الحديث، فليس ثمة قانون بسيط يستطيع أن ينمى وحده، أو أن يأمر الجزيئات الماكروية الحجم بثرائها المعلوماتى العشوائى، لكى ينتظمها سمط ما. إن قانون الطبيعة الذى نعرفه ونحبه لن ينشئ معلومات بيولوجية، أو بالطبع أى معلومات على الإطلاق. فالقوانين العادية دائمًا ما تنقل قائمة المعلومات من حالة المدخلات **input** إلى حالة المخرجات **output** وهى تستطيع أن تعدل فى المعلومات أو تخلط بينها ولكنها ليس بمقدورها أن تنشئها. إن قوانين الفيزياء التى تحدد أى ذرة سوف تتفاعل مع ماذا، وكيف، هى من الناحية الحسابية بسيطة للغاية، وتحتوى نسبيًا على معلومة صغيرة. ويستتبع ذلك أنها غير قادرة على مسئولية إنشاء جزىء ماكروى معلوماتى إن صح التعبير. وعلى عكس الدعوى التى تكررت كثيرًا، فإن الحياة لا يمكن أن تكون «مكتوبة» داخل قوانين الفيزياء. وعلى الأقل ليس داخل أى شىء مثل قوانين الفيزياء التى نعرفها حاليًا[١٩].

وإذا ما قبلنا أن الخريطة الجينية عشوائية وثرية المعلومات، وتكون فى الوقت نفسه منجذبة لكيماويات غير عشوائية لتصنيع الحياة، فإن ذلك سيكون

تناقضًا واضحًا. واللا عشوائية فى حد ذاتها هى عكس المتطلب لإنتاج جزيئات ماكروية عشوائية، والمسألة برمتها تنحصر فى الشفرة الجينية، هى على سبيل المثال إطلاق أو تحرير للحياة من عوائق أو قيود وعبودية الكيماويات اللا عشوائية. والجينية يمكنها أن نختار ما تريده من تتابعات الأحماض الأمينية ومن دون وعى منها بالتفضيلات، التى يمكن أن تجريها الجزيئات. وهى تحقق ذلك عن طريق نشر إنزيمات خاصة، مصممة خصيصًا لتجتاز ما تميل إليه الكيماويات غير العشوائية. وهذا هو السبب الذى تلجأ من أجله الحياة لمصاعب أن تكون لديها معلومات مشفرة وسوفت وير يتوسط عملية التفاعل بين الحمض والبروتين فى الجزىء. إن الحياة تفعل سحرها، ليس بالإذعان للكيمياء الموجهة، وإنما بتطويق ما هو طبيعى كيميائيًا، وما هو من سمة الديناميكا الحرارية.

نعم من الطبيعى أن تستجيب العضويات لقوانين الفيزياء، ولكن هذه القوانين تعتبر اتفاقية أو عرضية بالنسبة للبيولوجيا والكيمياء. والدور الرئيسى يكمن فى السماح بنظام منطقى ومعلوماتى لتحوز وجودها. وعندما تكون التفاعلات الكيماوية سهلة ومتناسبة مع الديناميكا الحرارية، فسوف تستخدمها الحياة بابتهاج، ولكن لو احتاجت الحياة لتحقيق كيمياء «غير طبيعية»، فسوف تجد طريقًا إلى ذلك. وسوف تنسج ما يحث على قيام التفاعلات الغريبة، وستصنع الجزيئات المشحونة بشكل صحيح، وأحيانًا فى تجميعات معقدة، تقود المسألة ضد المحتوى الديناميكى الحرارى. والخطوة المفتاح، التى أجريت فى طريق النشوء، هى التحول من خضوع الجزيئات لمتابعة طريق الكيمياء الأرضية، إلى تنظيم نفسها لحفر طريقها الذاتى. إن قابلية خلط الجبن بالطباشير التى تجرى فى الهيمنة على السوفت وير، والتى تعتبر وسيلة للتمثيل بها فى استخدام الكود الجينى، هى خير وسيلة للتعبير عن هذا التصاعد. واختيار أو تفضيل الحياة لقيود الكيمياء من خلال توظيف قناة تحكُم فى المعلومات، كى تحررها لتحلق فوق ما يشبه الكتلة المرتبكة لتفاعلات الذرات، منشئة عالمًا بارزًا مستقلاً بذاته.

وبمجرد أن أمسكنا بهذه النقطة الرئيسية تكون المشكلة الحقيقية قد تم حلّهـا، ومن النجاحات البارزة للبيولوجيا الجزيئية، أن معظم الباحثين قد فكروا فى أن سر الحياة يكمن فى فيزياء وكيمياء الجزيئات. ولكن جهودهم ستكون عديمة الجدوى إذا نظروا إلى الكيمياء والفيزياء الكلاسيكية لشرح الحياة، لأن هذه تعد حالة قديمة للخلط بين الوسيلة والرسالة. ولأن سر الحياة لا يقوم على الأسس الكيمياوية، ولكن يظل فى قواعد المنطق والمعلومات التى تستغلها أو تستثمرها فى إظهار مواهبها.

ولا بد لى أن أشير إلى الثغرات أو الفجوات **loophole** التى تقفز فى مجادلتى تلك، فلتستحضر ما ناقشته في الفصل الرابع حول التعقيد فى الحساب والتتابعات المزدوجة، لأنك إن وجدت معادلة مدمجة أو متضامّة، والتى تتكاثر فى تتابعات مغطاة، تكون قد برهنت بوضوح أن النتيجة التبعية ليست عشوائية. ومع ذلك إذا حاولت وفشلت فى العثور على معادلة، فأنت بذلك لم تستطع البرهنة على العكس، وهو أن النتيجة التبعية عشوائية بالضرورة. وربما تكون قد عاينت أو تفحصت معادلة غريبة أو غامضة والتى سوف تثمر نتيجة تبعية تأخذ شكل العشوائية. وفى الحقيقة أنها يمكن أن تظهر على أنها بصفة عامة يستحيل أن تبرهن على العشوائية(٢٠). وبترجمة ذلك إلى مجال مشكلة النشوء والتكوّن، فإنه يعنى أننا لن يتسنى لنا أبدًا أن نسيطر على إمكانية أن الجينات قد تكاثرت بطريقة تشبه القانون، مثل قوانين للفيزياء ماهرة أو ذكية ومجهزة بأدواتها. لكن هناك ثمنًا يلزم دفعه، لأنه لو كان الأمر كذلك، فالحياة فى واقعها بسيطة للغاية، وإن بدت معقدة.

وثمة أمثلة عديدة فى الطبيعة لنظم تبدو معقدة بشكل مخادع لأنها فى الحقيقة غير ذلك. وهى نماذج لأشياء عفوية أو تلقائية تبدو للعين العادية على أنها معقدة، وهى فى حقيقتها تخفى البساطة التى تكتشفها العين المدققة، وأمثلة من هذا النوع تشتمل على أداء غاية فى القبح أو التعقيد مثل خطوط الشواطئ، وسطوح الركام الرملى المنزلقة وحلقات الكوكب زحل، وكثير من هذه الملامح الطبيعية، يمكن

إخضاعه لنموذج هندسى معروف بـــ «المتشعب» **fracfals**. وهذه المتشعبات تبدو غير عادية وشاذة إلى ما لا نهاية ومعقدة، وفى الحقيقة تقوم بعملية تبسيط رياضى لخاصية تعرف بالتشابه الذاتى **Self-smilarity**. وبأسلوب عـــادى، فـــإن نمـــوذج التشابه الذاتى هو الذى درجة شذوذه تكون هى نفسها عندما يكون فى مـــستوى أو قياس أطول. وكنتيجة لذلك، فالمتشعبات فى الحقيقة لا تتطلب معلومات على جانب من الأهمية لتوصيفها أو الإكثار منها أو توليدها[٢١]. ومن أشهر هـــذه المتـــشعبات مجموعة ماندلبروت وتلك التى يتم إجراؤها فى الألوان كشكل من أشـــكال الفـــن، والتى أيضًا يمكن تنفيذها على الكمبيوتر بواســـطة عمليـــة حـــسابية غايـــة فـــى البساطة[٢٢]. وهذه النظم غير المنطقية العديدة، التى تبدو كأمثلة علـــى العـــشوائية المعقدة وهى فى الحقيقة والواقع بعيدة تمامًا عنها، بل هى غير عشوائية بالمرة.

هل يمكن للحياة أن تكون كذلك: ظاهريًا معقدة، وفعليًا بسيطة للغاية، مثـــل المتشعبات، وعلى ذلك هى نتاج لعملية تشبه القانون البسيط؟ وهل من الـــضرورى افتراض أن كل الحياة بسيطة: فقط الإحياء الأولى. وبمجرد الهبة الأولـــى لوجـــود الحياة، فإن التطور الداروينى يمكنه أن يضيف التعقيد الذى لا يمكـــن إنقاصـــه أو اختزاله. أنا شخصيًا لا أعتقد فى صحة ذلك، ليس على الأقل لأنها تتطلب نظـــرة للطبيعة، تعنى أنها مُساقة أو تتم قيادتها أو مستنبطة بمعرفة وسائل أخرى، وعلـــى نحو لا يمكن تصديقه. وادعاء بأنه توجد فعليًا شفرة داخل الشفرة، تقـــوم بتكـــاثر للكائنات الحية عند الطلب من خلال معادلة بسيطة، هو أمر بعيـــد جـــدًا عـــن أن يجذبنى أو يجعلنى أميل إليه، أو لأنه بعيد عن استحضاره كفكرة معقولة.

هل هى الداروينية Darwinism دائمًا وعلى طول الخط؟

ناقشت فى القسم السابق أن تحميل الأمر لنظام ماكر تبدو فيه الحياة فعليًـــا، وكأنها البساطة وهى ترتدى زيًا تنكريًا من التعقيد، وأن القوانين العادية للفيزياء لا

يمكنها أن تأمر الحياة كى توجد. ولكن ليست هذه بعد، هى كل أشكال المقدرات أو الغائيات البيولوجية والتى يجلبها نظام خارجى. ولا تزال تبقى الحياة مما يتعذر تجنبه، أو على الأقل تم تفضيلها بقوة عند توافر المشارطات الصحيحة المناسبة لها. ذلك أن بعض العلماء يقترحون شكلاً آخر للغائية أضعف من ذلك ولكنه مقبول أو جدير بالثقة، وعلى سبيل المثال يرى كريستيان دى دوف **Christian de Duve** أن المصادفة تلعب دورًا، ولكنه دور مغموس بمختلف القيود الفيزيائية التى تفرض توجهًا عامًا على الحياة باعتباره قدرها المتوقع. ورغم أن تلك القيود مطردة الاستمرار، فهى غير محددة عندما نأتى لتفاصيل التراكيب الكيمائية. وفى هذا، فإن دى دوف يشبه حالة الماء المنصب فى فوهة إلى بطنها أو حلقومها باعتباره اتجاهًا عامًا سابق التحديد، طبقًا لتشكلات المنظر العام لطبيعة الأرض. ولذلك كان قابلاً لكتابة[٢٣]: «ظهور الحياة كان من (مخرجات) أو نتيجة عمليات مقدرة على نحو عال، وتتحقق من الناحية الفعلية فى ظل المشارطات الفيزيائية الكيميائية التى تكشفت آنئذ».

وهناك أيضًا أفكار ستيوارت كوفمان **Stuart Kauffman** والتى ناقشتها فى الفصل الخامس، والذى لا يدعى أن هناك طبعة أولية سابقة للحياة، وإنما فقط نزوع طبيعى لظهور تعقيد منظّم عند توافر شروطه المناسبة، وهكذا لا يجب أن تمثّل الحياة مفاجأة على الإطلاق: «هى خاصية جماعية ومُتوقعة للنظم المعقدة»[٢٤]. ورأى «أن جذور الحياة عديدة، وأصلها مع أنه عويص وعميق، لكنه يظل بسيطًا». وطبقًا لنظرية كوفمان، فليس ثمة هدف محدد للنهاية مُشفّر فى مبادئ التنظيم الذاتى **self-organization**، ولا ميكروبات كعلامة مميزة، وإنما فقط ميل عام لنوع من حالات التعقيد، التى يمكن أن تؤدى للحياة.

ومع جانبية هذه المجادلات، مازلنا باقين مع سر أو غموض من أين جاءت معلومات التشكلات البيولوجية؟ والاعتراض الذى قدمته فى القسم السابق لم يزل صالحًا. إذا لم تكن قوانين الفيزياء العادية قادرة على المد بالمعلومات، وإذا ما كنا

مسيطرين على المعجزات، فكيف للحياة أن تكون مقدّرة سلفًا ومن المتعذر اجتنابها أكثر من كونها مصادفة نزوية؟ كيف يمكن إكثار التعقيد العشوائى مع التخصصية بطريقة تشبه القانون؟ نحن نعود دوما إلى التناقض الأساسى.

وأعتقد أن هناك حلاً لهذه المشكلة، ولكنه من النوع الجذرى، والذى يعارضه بشدة علماء عديدون. ومع ذلك فكلما تملكتنى الحيرة تجاه النشوء البيولوجى، شعرت بأنه لا مهرب لنا من احتضان شيء من مثل هذا الحل. ودعنى أرسم لك رسمًا كروكيًا لما يدور فى ذهنى. لقد ذكرت فى الفصل الثانى أن شرودنجر قد تحيَّر بما فيه الكفاية مع هذه المشكلة لدرجة اقتراحه فى النهاية «لنوع جديد من القوانين الفيزيائية». وأعتقد أن شرودنجر كان على الطريق الصحيح، ومع ذلك فلسنا فى حاجة لقانون فيزيائى آخر[٢٥]، لا بد لنا أن نجيل النظر فى مكان آخر، ولكن أين؟

ثمة مجالان يقدمان لنا مفاتيح مُعذِّبة أو قُلْ من النوع – الغير المرغوب فيه، ولكننا نستبعدها باستمرار. المجال الأول يتمثل فى نظرية التعقيد. ولقد ذكرت بالفعل العمل المَرْوِى والمتصل بما ذكره كوفمان عن الشبكات الكيماوية ودوائر الحفز الأوتوماتيكية **chemical networks and autocatalyic cycles** وكيف أُجريت فى السنوات الأخيرة أبحاث كثيرة عن نظم التعقيد بصفة عامة. وكثير من تلك البحوث قد وصلت إلى نتيجة، مؤداها أن هناك مبادئ رياضية عالمية تحكم سلوك هذه النظم. وتلك المبادئ لا يمكن استنباطها من ثنايا القوانين الفيزيائية القائمة، لأنها ليست قوانين فيزيائية بالمعنى العام. وبدلاً من ذلك، فإنها تبرز عبر البناء المنطقى للنظام، وتعتمد فقط بشكل غير مباشر على القوى الفيزيائية المتصلة بالأمر، ولهذا السبب يمكن على الفور عمل نماذج منها كألعاب على الكمبيوتر. وكثير من هذه النماذج الكمبيوترية تقوم وبقوة بما يشبه القدرات الحيوية، حتى إن واحدة منها تسمى «لعبة الحياة»[٢٦] **Game of Life**. ويوجد الآن مجال ممتد من الأبحاث حول «الحياة الاصطناعية» **artificial life** والتى تقوم على هذه النماذج

الكمبيوترية[٢٧]. وأمل كثير من نظريات التعقيد يتمثل فى أن نوعًا من عمليات التنظيم الذاتى الفيزيائية يمكن أن تنشئ نظامًا فيزيائيًا فوق عتبة معينة للتعقيد، وعند هذه النقطة يبدأ هذا اللون الجديد من قوانين التعقيد فى التعبير عن نفسها مانحة للنظام أو فارضة عليه تأثيرات غير عقلانية بالنسبة للتنظيم الذاتى والتعقيد الذاتى، وسوف تتمثل النتيجة فى سلسلة من التحولات التى ترفع النظام – على غير توقع – على سلم التعقيد. وفى ظل الدعوة المُوجَّهة من مثل هذه القوانين، فربما يتجه النظام بسرعة إلى الحياة. وإذا كان هذا صحيحًا فإنه يعنى أن الحياة ليست بالتمام، مكتوبة فى قوانين الفيزياء كشىء مُتضمَّن فى منطق الكون.

وفى رأيى الشخصى، فإن قوانين التعقيد التى تظهر على هذا النحو تقدم لنا أملاً فى فهم أحسن ليس فقط للنشوء البيولوجى، بل وللتطور البيولوجى أيضًا. ومثل هذه القوانين قد تختلف عن القوانين الفيزيائية بطريقة جذرية ومهمة. إذ بينما تقوم قوانين الفيزياء بمجرد نقل المعلومات وتعديلها حولنا، فربما ينشئ قانون التعقيد بالفعل المعلومات، أو على الأقل تسحبها أو تجرّها من البيئة وتتصاعد بها إلى بناء أحادى[٢٨]. وهذا سيمثل مفارقة أو هجرًا رئيسيًا للصورة التقليدية للعالم، والتى هى قابلة للإنقاص، والتى تعمل فيها القوى بين العناصر الداخلية للمادة، ويتم التعامل فيها مع المعلومات كمفهوم ثانوى واشتقاقى. ويتحصل اقتراحى فى قبول المعلومات ككمية فيزيائية حقيقية، والتى يمكن مقايضتها «بالقوى المعلوماتية» بنفس الطريقة التى تتحرك بها المادة حولنا بواسطة القوى الفيزيائية. كما تعنى أيضًا قبول التعقيد كمتنوع فيزيائى له كفاءة أو فعاليّة سببية حقيقية أكثر من كونه مجرد وصف كمى لكيف يكون النظام معقدًا. وأنا أعتقد أنه فى ظل حركة القانون المعلوماتى، فإن قناة المعلومات، والسوفت وير الخاضع للسيطرة عليه بالاشتراك مع الشيفرة الجينية، يمكنه أن يبرز للوجود.

وربما أكون قدمت اقتراحى فى شكل يبدو أكثر جذرية مما هو عليه بالفعل. لأن قانون المعلوماتية أو السوفت وير، قد اقترحتهما أو الشبيه بهما فى أبحاث

عديدة. وعلى سبيل المثال فقد كتب مانفرد إيجن **Manfred Eigen**[٢٩]: «هدفنا هو العثور على حساب وقانون طبيعى يقودنا إلى أصل المعلومـــات». وبـــالرغم مـــن معرفة الدور الحاسم الذى تؤديه الجزيئات. فقـــد رَأَتْ الداروينيـــة ومعهـــا إيجـــن وزملاؤه أنه – مع ذلك – فليس ثمة حاجة للاستزادة بعمليات فيزيائيـــة يمكـــن أن تصبح مصدرًا إضافيًا للمعلومات[٣٠].

وبصفة مبدئية كنت قد ناقشت فكرة «السوفت وير» هذه منذ عـــدة ســـنوات مضت فى كتابى المعنون: «الطبعة الأولية للكـــــون» **The Cosmic Blueprint**، حيث تفكرت مليًا فى القوانين الجديدة المتماسكة معها والتى لا يمكن إيجازها إلـــى قوانين الفيزياء المعروفة. وعندما تجهزت لتأليف الكتاب الحالى لم أكن معتقـــدًا أن مثل هذه القوانين كانت ضرورية لشرح عملية النشوء والتكوّن. وبدلاً مـــن ذلـــك افترضت أنها حالة من الداروينية دائمًا وطوال الوقت. ومتأثرًا بالأعمال المعمليـــة بخصوص الجزيئات المعيدة نسخ ذواتها، والسهولة الواضحة لكيفية تـــشكل لبنـــات البناء، فقد وجدت من المخادع، الظن بأن المصادفة وحدها يمكن أن تنتج جزيئًـــا، مُعيد نسخ ذاته وبهذه السرعة. وبعدها، فإن تطور الجزىء سيأخذ مجراه، مشتقًا أو مستنبطًا مباشرة النظام المؤدى للحياة الخلوية. وبعد دراستى للنظريات المتنوعـــة المتاحة فقد أصبحت الآن أكثر تشككا. إذ يبدو لى أن الأمر لا يشبه كثيرًا أن كل ما تحتاجه الحياة أو الجزىء للظهور هو تفاعلات كيميائية صحيحة. وأعتقد أن التقدم الحقيقى ومعه سر النشوء سوف يصبحان فى المتناول، ليس من عنديات الكيميـــاء، وإنما من خلال مفاهيم جديدة.

ويمكن لخلطه من الجزيئات الداروينية وقوانين التعقيـــد المـــنظم أن يُقـــدّما طريقًا للأمام، من خلال سيناريو يتضمن شكلاً من جزىء ناسخ لذاته وصغير وله صلة بالمسألة، يمكن أن يبدأ بالمصادفة فى الظهور بواسطة الوســـائل الداروينيـــة، ولكن العمليات لا بد أن تحصل على مساعدة، أو أنه تم تجاوزها بمعرفـــة مبـــادئ تنظيمية تمنحها التخصصية والمعلوماتية[٣١]. وهذه المبادئ التنظيمية سوف تُضخم

أو تُوَسِّع الاختيارات فى العملية التطورية، كما تؤدى إلـى قفـزات مفاجئـة فـى التعقيد، أكثر مما يتوقعه التطور الداروينى لو كان يعمل وحده.

هذا والخط الثانى من البحوث فى هذا المجال والتى قد تُحَمَّـل أو لا تُحَمَّـل على عملية النشوء، يشتمل على ميكانيكا الكم، وهى النظرية التى تصف الـسلوك الغريب للمادة على المستوى الذرى. ومعظم البيوكيميائيين وبيولوجيى الجزيئـات يتجاهلون ميكانيكا الكم. حيث يتم التعامل مع الذرات والجزيئات وكأنها لبنات بناء صغيرة تتلاصق مع بعضها فى أشكال متعدّدة، بينما حقيقة العالم الميكـروى أنـه أكثر مهارة من ذلك إلى حد بعيد. وكبداية فهناك موجة العنصر المزدوجة الشهيرة: فكل ذرة لها وجه فى شكل موجات ووجه آخر فى شكل جسيم، وذلك فى آن معًا. ومن المفهوم أنه يمكن تعريف الموجة بمعلومات أو سوفت وير، لأنها تصف مـا هو معلوم عن النظام، ومن الناحية الأخرى، فإن الذرة تعامل كجسيم يتطابق مـع الهاردوير وذلك عند تدخل المقاييس الكمية، حيث تختفى الموجة، أى تتغير بـشكل مفاجئ، لأن المعرفة بالنظام تغيّرت. ولكن يؤثر ذلك بالمقابل فى النتيجـة التبعيـة لسلوك النظام[٣٢]. وإذ ذاك يكون ثَمَّ شرك أو خديعة الخلـط بـين الـسوفت ويـر والهارد وير فى ميكانيكا الكم. والمعلومات (أو المعرفة) لها من الآن، فنازلاً قـوة سببية. وهكذا يمثل ذلك مجرًى رئيسيًا لنظرية فيزيائية تتواجد المعلوماتية فى القلب منها، والتى تختلط مع المادة بطريقة جوهرية وصريحة. والأكثـر مـن ذلـك أن القوى داخل الذرة والتى تشكل الجزيئات البيولوجية مثـل البـروتين والأحمـاض الذرية، لها سمات كمية بطبيعتها. هل إذن يمكن لنوع من عمليات التنظيم الكمى أن تكون الحاجة إليها فقط لتفسير أو شرح معلوماتية الجزيئات الماكروية؟

ويأتى دليل يدعم هذا الحدس ولكن من اتجاه غير معتاد. ذلـك أن إرويـن شرودنجر **Erwin Schrödinger** اقترح فى كتابه الشهير بأن الوحدة الموروثة هو بللورة «غير منتظمة الحدوث»، وهو يعنى بذلك أن بناء الجزىء مـستقر بدرجـة كافية للحفاظ على شكله، ولكنه معقد بدرجة كافية لتخزين الكثير من المعلومـات.

البللورة العادية الدورية أو المتكررة فى فترات نظامية لهـا اسـتقرارية، ولكنهـا مكتفية بما لديها من معلوماتية منخفضة حسابيًا (انظر الفصل الخامس). وعلى هذا تثبت فكرة شرودنجر الناحية التنبؤية. ذلك أن الدنا له بناء مستقر (ولو أنـه لـيس تامًا، لأن الحفاظ على المعلومات يتطلب قراءة اختبارية وعمليات نـشر). وعـدم الانتظام فى الشكل ظهر بسبب أن القاعديات التبعية أغلبهـا عـشوائى، وبالتـالى المعلومات المتّصفة بالثراء، وتلك نقطة تحملتها بجهد.

ومنذ سنوات قليلة مضت رُوِّع الكيميائيون باكتشاف لنـوع مختلـف مـن البللورات غير منتظمة الشكل، اصطلحوا على تسميتها **quasi-crystal** (بمعنى شبه البللورة) وهذه البللورة تمتلك خمس ثنيات غريبة متماثلة، حتى إنهـا تبـدو علـى النحو نفسه عند دورانها لزاوية قدرها ٧٢°، ومع ذلك، وعلى خلاف مع البللورات العادية، فهى غير منتظمة الحدوث. وبالطبع هذا يمكنه إثبات أن نموذج الذرات لا يكرر نفسه أبدًا.

وشبه البللورة تلك مَثَّل مفاجأة بسبب مسألة هندسية بسيطة. فمن المعـروف جيدًا أنه يمكنك أن تكسو حائطًا بالقرميد الثلاثى أو المربع أو السداسى الأضـلاع ولكن ليس بالآجر خماسى الأضلاع. ذلك أن الآجر الخماسى لا يتسنى ترصـيعه بالفسيفساء، حيث ستكون هناك فجوات. وعليه فإن الشىء خماسى الثنيات لا يسمح بنموذج تكرارى. ومع ذلك أثبت روجر بنروز **Roger Penrose** فى نظرية شهيرة أنه يمكنك كسوة حائط لا نهائى بالفسيفساء ذى الثنيات الخمس، باسـتخدام نـوعين مختلفى الشكل من الكساء واحد بشكل المعين الرفيع القوام، وآخر من نفس الـشكل ولكن أغلظ فى القوام(٣٣). ويعنى ذلك أن شبه البللورة يحدث فـى شـكل ثلاثـى الاتجاهات، بما يشابه كساء بنروز المقترح. وبنروز نفسه اقترح أن وجود الـشبه بللور يمثل متاهة فى حد ذاته فى ظل طبيعته غير منتظمة الشكل. والبللور منـتظم الشكل يمكنه أن ينمو ذرة بذرة لأنه يشكل بناءً عاديًا متكررًا، ولكن شـبه البللـور يتطلب نوعًا من النظام طويل المدى للتأكد من أن القطـع فيـه تناسـب أماكنهـا

الصحيحة، لقد اعتقد بنروز أن وجوهًا رقيقة من ميكانيكا الكم وحتى الجاذبية الكمية يمكن أن تلعبا دورًا فى هذه المنظومة الهندسية.

وبسبب أن شبه البللورة لها خمس ثنيات، فإن لديها القليل من المعلومات عن اتجاهاتها، ولكن لديها كمية غير محدودة من المعلومات فيما يتعلق بخطية تعاقبها غير منتظم الشكل. وهكذا فهى تتضمن شيئًا ما من فكره كارنز – سميث **Cairns- Smith** عن البللور غير النقى وشيئًا آخر من فكرة شرودنجر عن السلسلة غير المنتظمة للجزيئات. ومثل الدنا فإن شبه البللور يبدو من الوهلة الأولى أنه «موضوع مستحيل» له قدر هائل من التعقيد الحسابى، إلا أن ميكانيكا الكم تسمح لهما بالوجود. أنا هنا لأقترح أن شبه البللور له خريطة جينية ممكنة (ومع ذلك من يدرى؟) ولكن فقط أن مزيد من دراستهما يمكنها أن توضح لنا كيف لميكانيكا الكم إمكانية تنظيم بناءات فيزيائية معقدة من خلال قدرة عالية لتخزين المعلومات؟[٣٤].

وثمة نقطة أخرى وهى أن سحر الكم يمكن أن يُجرى مجراه فى تزاوج المعلومات البيولوجية، وهو ما نراه فى طراز دراسة الحوسبة الكمية[٣٥]. لقد رأينا فى هذه الدراسات أن الكمبيوتر الكمى يستطيع أن يستنبط أو يستخرج من المشاكل المعقدة مشاكل غير معقدة (مثل تحليل معاملات رقم كبير جدًا إلى حاصل ضرب لعددين أوليين)، ومرة أخرى هو اقتراح بأن «الموضوع المستحيل «كومبيوتريًا» مثل العشوائية الحسابية الجينية، ربما تصبح مُنتجة على نحو جاهز بواسطة العمليات الكمّية، حتى لو تطلبت تطورًا طويلاً ومتعرجًا بالوسائل التقليدية[٣٦].

ولقد سلمت بأن الأفكار التى استخلصتها فى هذا الفصل، كانت حدسيّة بدرجة عالية، ولكن الواقع الحقيقى يتمثل فى أن مشكلة النشوء والتكون تضع خطًا تحت هذا المشهد بما يعنى أنه سر عنيد من الصعب الوصول إليه. وبالرغم من ذلك، فإن افتراض أن الحياة هى ظاهرة كونية متأصلة ومحتومة ومقدرة، لأن تتدخل عندما تسمح الظروف. وكل ذلك ظل يُتهامس به. وقليل من مناصرى فرضية أن الحياة سوف تظهر **life will out**، يقدرون بشدة التطبيقات الكاسحة لما

يفترضونه. والتفكير الغائى أو القدرى، حتى فى أضعف أشكاله مثل لدى دى دوف وكوفمان، يمثِّل تحديًا أساسيًا للمثال أو النموذج العلمى القائم. وهو كاف بذاته لجعل معظم البيولوجيين يرتجفون. ولو أن البيولوجيين القدريّين ينكرون بشدة أن هناك تصميمًا فعليًا أو غاية مقدّرة سلفًا، تتضمنهما مقترحاتهم، فإن فكرة أن قوانين الطبيعة، ربما مالت تجاه الحياة، بينما لم تتناقض مع رسالة الداروينية، وبالتأكيد أزعجت روح المسألة. لقد مَرّرت عاملاً من الغائية **teleology**، إلى الطبيعة بعد أن كان دارون قد أنكره منذ قرن ونصف القرن. وبالنسبة لكثير من البيولوجيين، فإن الغائية أو القدرية تعادل فكرة المعجزة فى زى الطبيعة. وهذا بالطبع لا يجعل منها فكرة خاطئة، فهى لم تزل حقيقة! ربما تكون الحياة بالطبع مجبرة على الحدوث، أينما تتحقق شروطها. ولكن إذا كان الأمر كذلك، فإن النتائج التبعية ستكون عويصة أو عميقة أيضًا.

لقد أسس العلم نفسه من ثلاثمائة عام على «الإنقاص» أو التصغير **reductionism** و«المادية» **materialism**، بما يؤدى إلى مذهب أو عقيدة لا محيص عنهما من «لا معنى» الوجود الفيزيائى. إلا أن الكون المتعاطف **bio-friendly** قد يُمَثِّل دوره أو انعطافة حاسمة. وهذا المعنى الخطير عبر عنه دى دوف[٣٧]. عندما كتب بفصاحة «من وجهة نظر الغائية... فإن رؤيتى تتحصل فى أن هذا الكون ليس (نكتة كونية)، ولكنه جوهر ذو معنى، وتم صنعه بطريقة تؤدى إلى تكاثر الحياة والعقل، ومتجها إلى مولد التفكير ليصبح قادرًا على الصعود للحقيقة وفهم الجمل والإحساس بالحب، تواقًا للجودة وموضحًا أو مُعرّفًا للشر، واختبار الغموض».

سلم الارتقاء:

فى تاريخ العلم لم تكن هناك فكرة ضربت بعمق اعتبار الإنسان لنفسه مثل نظرية دارون عن التطور. والصدام الذى وقع بين دارون والكنيسة المسيحية

يعطينا مثالاً تقليديًا على كيف يكون مؤلمًا، عندما يغيّر التطور العلمي الأسس المفاهيمية التى نبنى عليها نظرتنا إلى الطبيعة، خاصة عندما يكون هذا التغيير جذريًا. واليوم فإن التطور يعد مفهومًا مقبولاً به عالميًا، حتى البابا قد منحه تبريكاته. وإن كان ثمة ظل فى الصالات الأكاديمية الهادئة من المعركة القديمة لم يزل محلاً لتبادل اللَّكَمَات العلمية، وهى مسألة لم تحظ بانتباه كبير، كما انضم إليها قليل من الثيولوجيين، ولكن عبر مصطلحات ومفاهيم فلسفية المعنى، وتكتسب هذه المناوشات أهمية ما كان للصراع فى القرن التاسع عشر بين دارون و «ويلبورفورس» **Wilberforce**.

والموضوع المتجادل حوله اليوم ليس عما إذا كانت الحياة قد تطورت أو نمت تدريجيًا عبر بلايين السنين – فالدليل على ذلك هو دليل ساحق – ولكن عما إذا كان هناك شيء قد مال إلى طريقة هذا التطور. وفى القرن ١٩ كانت النظرة السائدة هى مشاهدة أو النظر إلى الحياة على أنها مستمرة فى التطور بشكل متصاعد، كما قيل إن الحياة البدائية قد تحسّنت وتغيّرت إلى أشكال أكثر تعاونًا وتميّزًا، وبلغت ذروتها فى صورة الإنسان البيولوجى أو العاقل **Homo Sapiens**، مع ذكائنا المتبجّح بشكل متزايد وقوانا الواضحة فى التسبيب؛ وبالنظر إلى التطور على هذا النحو، فسنجد أنه لم يكن ممرًا زجزاجيًا كسلّم للتقدم يؤدى بشكل مستقر من الميكروبات إلى الإنسان. ولتكن متأكدًا أن صعود هذا السلم كان أمرًا قاسيًا وموجعًا، بل ربما مُضيّعًا، وهى الجزية التى اضطّر لدفعها الاختيار الطبيعى، ولكن فى هذا المنحى التقدمى كانت ثمة بطولات صارمة ومواقف خاصة للبشرية.

وتبقى صورة سلم التطور كوسيلة للتقدم رمزًا فعالاً، ولم تزل قائمة فى لا وعى العلماء وغيرهم من غير المنتمين للعلم من خلال تقديرهم للفروض الميتافيزيائية التى يتمخض عنها. وإذا كان التطور فى حقيقيته تقدميًا، فلن تكون الطبيعة مجهّزة فقط لإنشاء الحياة، ولكن أيضًا لصالح التقدم.

وقد وجه المناوئون للبيولوجيا التقدمية ضربات عنيفة للفكرة على أرضيات مختلفة. أولها أنها تتضمن قيمة إصدار حكم بأن البشر يفضلون على نحو ما القردة أو الضفادع. وصفات «علوية» الحيوانات الثديية و«تدنى» الفقاريات، والتى تعكس فكرة سلم التقدم وتخون هذا الانحياز ومنظور إليها على أنها فكرة غير صحيحة سياسيًا. وقد تساءل النقاد: ماذا عن البشر، وما الذى جعلهم أكثر تقدما عن العضويات الحية الأخرى؟ وبالمصطلح العددى البحت، تفوز الميكروبات فى الحلبة الحية، وإذا ما كانت النجاحات التكيفية تعتبر معيارًا، فإن الحشرات العظمى – وفق التسمية التى تخيّرناها – ماهرة فى تكيّفها مع الضغوط البيئية. وبالطبع، فإن البشر لديهم ذكاء عالٍ عندما تأتى المسألة لاختبارات الذكاء «IQ» ولكننا سباحون يائسون، كما لا نستطيع الطيران. فإذا ما قررنا أن الذكاء هو النقطة المحورية، فلا يمكن إنكار أننا على قمة السلم. ولكن أليست هذه ببساطة حالة شوفونية Chauvinism؟ لقد تخيّرنا نحن المعيار الذى يجعلنا فى القمة. لقد قررنا أين مكاننا المُفضّل ونصبنا تحتنا سلّمًا إليه. وليست من قبيل المفاجأة إذا ما نظرنا إلى أسفل، ووجدنا الدرجات الدنيا من السلم يحتلها سلف أقل ذكاءً. وماذا بعد؟ ما الذى يعنيه ذلك؟ هل الذكاء بالمعنى المطلق أفضل مثلاً من البصر أو السمع واللذين كليهما قد تناميا وتقدّما فى البشر بشكل متوازن؟

تلك الصعوبات جعلت من تعبير «تقدم» من بين الكلمات المقبولة لدى البيولوجيين، ومع ذلك كله فربما بقيت الحالة أن بعض خواص العضويات – سخيّة أكثر فى سلوك أكثر ثقافة ومحايد – ربما تلعب اتجاهًا تصاعديًا عامًا مع الوقت. لقد طالما كان الاقتراح أن التعقيد هو خاصية(٣٨). ولا يمكن إنكار أن المحيط البيولوجى ككل قد أصبح اليوم أكثر تعقيدًا مِمّا كان عليه منذ ثلاثة بلايين سنة. ومن الواضح أيضًا أن أكثر العضويات تعقيدًا اليوم قد تعاظم تعقيده عن أكثر العضويات تعقيدًا فى الماضى البعيد. ومن الصحيح أن المسيرة إلى الأمام لم تُوقف

أو تُقيّد بشكل كامل. حيث بين وقت لآخر تقع حوادث كارثية تلحق العدمية بكل ما هو حي، ربما بسبب تصادمات المذنبات والتى ينتج عنها اجتثاث مناخى للأغلبية من الكائنات عبر الكوكب كله. وتلك العصور لا شك أنها أنقصت التعقيد بشكل درامي. ولكن حتى الآن تعاود الأمور دائمًا ما كانت قد بدأته بنشاط متجدد. وهكذا فإن التأثير أو الدرس الذى نستخلصه من ذلك هو أن الحياة إذا ما تُركت للازدهار، فإنها تمتطى سلمًا متحركًا للنمو، وتملأ كل فجوة متاحة، وتستكشف الجديد والأحسن من الإمكانيات وتطوّر أكثر التشكلات إتقانًا.

وهذا التقدم المطرد فى التعقيد المنظم ليس فقط أخّاذًا ولافتًا للنظر، وإنما أيضًا يأخذ مظهر القانون فى الطبيعة. وهو يتناسب مع التفكير الكونى المتأخر، والذى يرى الكون كتعقيد كلي متزايد وينتشر منذ الانفجار الكبير. ومع ذلك فثمة تخمين حذر، لا يغطى مشاكلَ جدّية بتلك الصورة البسيطة:

أولاً: نجد أن مبادئ الداروينية تحكم الفكرة الغائية للحياة التى تصارع من أجل الأحسن. ذلك أن التطور الداروينى يعمل بتوظيف فلتر أو مرشح الاختيار الطبيعى فى التنوع الأعمى الذى يعمل على أساس دقيقة بدقيقة، مُغلقًا على ما هو جيد ورافضًا لما هو سيئ. وليست هناك آلية لهذا النموذج للبصيرة، ولا طريقة هناك يمكن وضعها فى قطار المسيرة تجاه الهدف المقدّر. ولو أن هناك تعقيدًا أكبر يصنع بقاء أجود فى ذلك الوقت، وفقط فى ذلك الوقت، لكان قد تم اختياره، وإذا لم يكن فسيتم رفضه.

ثانيًا : توجد أمثلة عديدة لعضويات نمت بشكل أقل تعقيدًا مع الوقت، مثل السمكة التى تقطن فى الكهوف المظلمة، والتى بالتالى فقدت خاصية استخدام العينين. وهذا ليس مفاجئًا حيث توجد ظروف، يكون فيها التعقيد الزائد مزعجًا. لأن العضويات ذات الوفرة أو التعقيد المسهب، قد لا تتمكن من البقاء فى ظل شروط متقشفة أو فقيرة الطابع، أو تبرهن على أنها تحمل مزيدًا من الحمولة

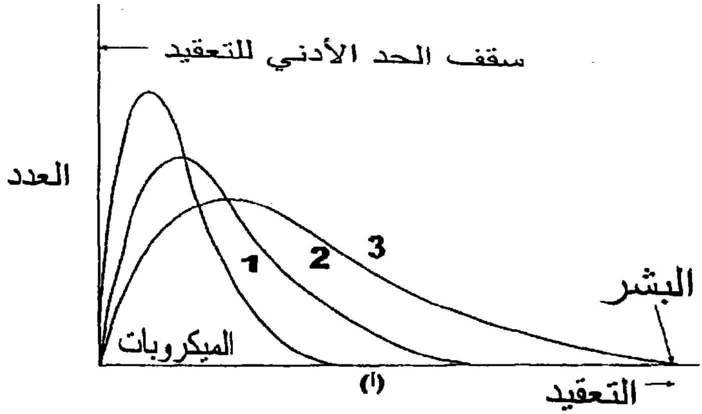
الزائدة حينما تستمر فى الحياة فى تلك الظروف. وهناك مثال تقليدى على النكوص أو التراجع البيولوجى وهو وحش سبيجيلمان **Spiegelman**، الذى أتيت على ذكره فى الفصل الخامس. حيث تقوم الرنا كوسيلة تغذية بترفيع أو إنقاص نفسها، لتصبح مجرد شريحة من حجمها الفيروسى وذلك من أجل أن تعيد النسخ بشكل أسرع.

وعندما تصل المسألة إلى سجلات الأحافير، فإن قائمة المعلومات تدعم فكرة الصراع الذى يغطّى عملية انتشار أو تزايد التعقيد البيولوجى مع الزمن. وبينما بعض الأنواع تنمو على نحو بسيط، فإن البعض الآخر يصبح أكثر تعقيدًا. ولكن باستثناء الكوارث الكونية، فإن المتوسط العام يتصاعد لأعلى. ومع ذلك، فعلينا أن نتوخى الحذر فيما يتعلق بهذا «المتوسط العام» ذلك أن الحياة بدأت بميكروبات بسيطة. وإذا كان لها أن تذهب إلى أى اتجاه، فلا محيص لها فى أن تتجه إلى مزيد من التعقيد، وطبقًا للداراوينية، فإن التطور له سلوك عشوائى وهو يمضى وسط مجال الإمكانيات البيولوجية، وهو أعمى يتلمس طريقه دون توجيه. ومن الواضح أنك إذا بدأت موضوعًا لحالة بسيطة، وحتى لو نزهة عشوائية فإنها ستميل إلى أخذك إلى اتجاه به مزيد من التعقيد، على الأقل فى البداية.

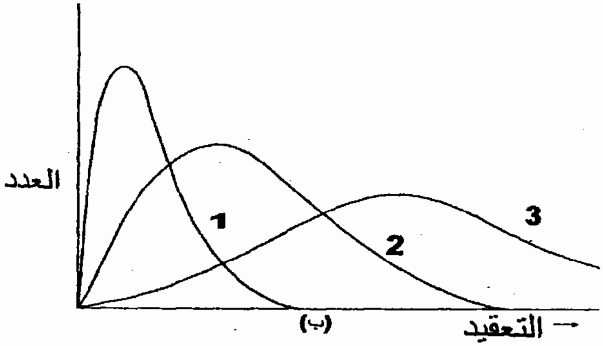
وقد شرح ستيفن جاى جولد **Stephen Jay Gould** هذه النقطة جيدًا، باستخدامه تشبيهًا يقف فيه مخمور ما، مستندًا إلى جدار من القرميد، وعندما يبدأ فى التعثر حوله، يجد نفسه فى النهاية وقد سقط فى قناة البالوعة[٣٩]. والمخمور لم يصل إلى البالوعة، لأنه كان يسعى إليها، ومن ثم تحرك نحوها بشكل منهجى. وإنما هو فى الواقع كان مرتبكًا وعلى نحو عشوائى. وبالنظر لأى وقت أو وقت محدد سيشبه ذلك المخمور، وكأنه متجه إلى السور فى الوقت الذى يكون فيه مبتعدًا عنه. وتنحصر النقطة هنا فى أن الحائط قد عاق حركته فى اتجاه واحد، فمن الواضح أنه فى حدود المتوسط العام أشبه بالذى يبحث عن مسلك آخر خارجه، وفى مجرى سيره ذاك، سيتجه لمواجهة البالوعة ببساطة عن طريق

المصادفة. وقد أشار جولد إلى أن هناك حدودًا لدرجة البساطة التى يمكن أن تكون عليها العضويات، ليظل مصطلحًا عليه بأنه «حيّ». وهذا ما يتطابق مع الحائط، ولو أن الحياة بدأت من عند الحائط مثل: عن طريق أبسط الخلايا، ثم تدخلت العشوائية، فإن المتوسط العام لا يتسنى أن يتجنب الانتشار من خلال توزيع يتزايد عبر ترنحات ذلك الإنسان الثمل (انظر الشكل ١٠ – ١ «أ»)، إلا أن جولد حذّرنا من التفكير فى هذا الاضطراب البسيط كميل أو كاتجاه منتظم. وأكدّ أنه ليس أكثر من تعبير عن العشوائية بالنسبة للإمكانيات المتاحة.

وأنا أظن أن جولد على حق تمامًا. إذ لو أن انتشار التعقيد مع الزمن هو مجرد – نتيجة للعشوائية القادمة من البساطة، فلا يمكن اعتبارها أشبه بالقانون المُوَجِّه. ولكى تُقيِّمها كاتجاه حقيقى، فإن قائمة المعلومات لا بد أن تتشابه مع الشكل (١٠ – ١ «ب») وأيًا ما كان هناك اتجاه حقيقى للتطور، بالإضافة لحائط الرجل المخمور فيما يتعلق بالتطور فهو أمر متروك للبحث العلمى ليحدده، إذن أين هى الحقيقة؟ هل هى «أ» أو «ب»؟.



(الشكل ١٠-١ «أ»)



(الشكل ١٠-١ «ب»)

سلم التقدم؟ التعـقيد البيولوجى ينتشر مع الزمن، ولكن هل هناك اتجاه منتظم لــه، أو هو فقط اضطراب عشوائى خارج على «حائط» البساطة؟ نموذج الانتشار الــذى يدعمه جولد، هذا الذى يظهر فى الشكل «أ» والأقواس ١، ٢، ٣، تُمثِّــل عــصورًا ناجحة، أما الحياة فتبقى مسيطرًا عليها بواسطة الميكروبات، ولكن ذيل التوزيع هو الذى تبدو حوافه ناحية اليمين. فلو أن هناك إتجاهًا نهائيًا للتعقيد، فــإن الأقــواس تصبح قريبة الشبه لما فى الشكل «ب».

للأسف، فإن المسألة ليست سهلة، إذ كلما كان التعقيد أكثر ويميــل إلــى أن يصبح ملحوظًا، فإننا نجعله حالة أو بمنزلة الميكروبات. ولكن بما أن جولــد أكــدَّ على أن معظم الحياة على الأرض هى ميكروبية، ومن ثم فإن الزعم بحياة متقدمة هو بالفعل ذيل للتوزيع، وعلينا أن نكون حذرين من القول بأن الذيل هو ما يوســم الكلب. ومن الناحية الأخرى، فإن الميكروبيولوجيين يعتقدون بأنه حتى الميكروبات لها يد فى ذلك. وبلا شك، فإن معظم الميكروبات البدائية «اليوم تظل عالية التعقيد» عن الخليَّة الحيَّة الأولى. وعليه فلو أن معظم الحياة علــى كوكــب الأرض تظــل ملتصقة بمستوى الميكروبات، فحتى مع هذه الدرجة، فيبدو أن هناك اتجاهًا عامًــا صوب التعقيد. وعندما تأتى المسألة إلى الحياة الوافرة الخلوية، فإن أكثر الطــرق استقامة لاختبار امتحان سجلات الأحافير، هو للأسف أكثر غموضًا أو التباسًا. لأن

السجل نفسه مُتشظٍّ، حيث هناك على سبيل المثال اتجاه نحو مزيد من التعقيد من حيث تصاعد حجم الدماغ الأوّلى مع الزمن. وفى وضع الأمر عكس ذلك فقد اتجه جولد إلى الدراسة التى أجراها دان ماكشو **Dan McShea** من «معهد سانتا فى لدراسة التعقيد» **Santo Fe Institute for Study of Conplexity**، والتى فشل فيها فى العثور على أى اتجاه عام نحو التعقيد فى «عامود» الفقاريات[٤٠]. وعلى الجملة، فإن الدليل على تقدم نظامى للتعقيد يظل غير مترابط: «لا يزال المُحكِّمون فى الخارج»[٤١].

وبالطبع، فإن مشابهة حائط الرجل المخمور تتصل فقط على مدى توقع عشوائية التعقيد. وقد أكد[٤٢]. ريتشارد داوكنز **Richard Dawkins** أنه بالرغم من أن التحولات الفردية هى بصفة عامة عشوائية، فإن الاختيار الطبيعى ليس أكثر من ذلك. الاختيار يفلتر تلك العضويات الأقل أفضلية فى التكيف مع ظروفهم، بينما يكافئ هؤلاء الذين تكيّفوا بشكل أفضل، والذين لا يمكن تجنب قيادتهم لميل أو توجّه لتكيُّف أفضل. ولكن التكيف الأفضل، قد يتضمن أو لا يتضمن، زيادة انتشار للتعقيد. فتعريف «أفضل العضويات تكيّفًا، سوف يتفاوت على أى حال اعتمادًا على التغيّر الحادث فى الظروف البيئية. فليس هناك تقدير مسبق لمن هو «أكثر المتناسبين» و«الأمثل» أو الأفضل تكيّفًا، وليس هنا «هدف ثابت» يعمد إليه الاختيار الطبيعى «لإخصاء» أو منع خصوبة التطور. وأى توجه للتكيف يكاد يشبه تضمّنه لعملية تثبيت مؤقت، وبالتالى لا يشكل جزءًا من ميل عام.

ويرى معظم البيولوجيين أن أى نماء للتعقيد سوف يعتبر مُرضيًا إذا ما تم قياسه بتأثير مسيرة الرجل المخمور. ومع ذلك فثمة تشكيكات فى وجود «أجندة» عمل أيديولوجية مخفاة وراء السطور. ومن ناحيته لم يخف جولد أى أسرار حول حقيقة اعتقاده حول استخدام التعقيد كوكيل أو نائب للتقدم، حيث يراه مفهومًا ضارًا

على أرضية الأيديولوجية، ولهذا كتب يقول[٤٣]: «معظم الطلبة العارفين لتاريخ الحياة، دائمًا ما استشعروا فشل سجل الأحفورات فى مَدِّنا بأكثر ما هو مرغوب فيه من عنصر أساسى أو تُقوّم على أساسه الأشياء ولتحقيق «الرفاهية الغربية» "Western comfort"، وذلك فى إشارة واضحة للتقدم تقاس كشكل ما للانتشار الثابت للتعقيد ككل عبر الزمن. إلا أن جولد لم يقايض على هذه النظرة المريحة، حيث علَّق ساخرًا على ما فى الحياة من روعة وفخامة بأنها لا هدف لها[٤٤].

نحن مجرد مصادفات سعيدة لعمليات غير متوقعة وليس لها أى توجه للتعقيد، وليست النتائج المتنبأ بها لمبادئ التطور، على أنها نواقة لإنتاج مخلوق قادر على فهم أسلوب، بناؤه هو الأساس والضرورى.

وطبقًا لجولد فإن الاعتقاد بتقدم التعقيد، ليس إلا نوعًا من الحنين لبقايا «العاطفية» السابقة على الداروينية، وأفكارها المُوَصَّلة بتصميم أجرته قوى فوق طبيعية. وبعد أن توارت يد الرب عن المسألة منذ قرن ونصف القرن، فقد كان البيولوجيون أكثر تفهمًا لمعارضة إعادة تلك النظرة فى زى أو مظهر قانون الطبيعة.

وأنا أوافق جولد مرة ثانية على نظرته تلك. لأن اتجاهًا لانتشار التعقيد، سوف يمدنا بدليل على غاية أو هدف لهذا الكون، وهى أيضًا لن تعوق القاعدة الرئيسية للمصادفة وسوف يرتفع السؤال حينئذ، بما هى بالضبط السمات البيولوجية الناتجة عن المصادفة. وما المتوقع أن يكون جزءًا من اتجاه؟ ومن الصعب تخيل أن التفاصيل الصغيرة كعدد الأرقام تحت العشرة أو وجود حواجب للعيون، يمكن أن تكون إعلانًا مباشرًا لقانون أساسى. ومن الناحية الأخرى فإن البناء الأساسى والضرورى للعضويات الجزيئية، سيكون كذلك نتاجًا لمبادئ رياضية للتنظيم[٤٥]. وفى رأيى أن المسألة قد تتحول إلى ذلك، ولكننى سأدع دى دوف ليقول الكلمة

الأخيرة فى ذلك، حيث اقترح أنه بمجرد جَزّ الشجرة أو تجريدها من غطائها المدقَّق والمدروس بعناية[٤٦]، فإن بناء الساق بنمائه البارز تجاه مزيد من التعقيد سيكون واضحًا تمامًا.

هل العقل محتوم بالقضاء والقدر؟:

«اخترع الكون طريقة ليعرف بها ذاته»

آلان دريسلر[٤٧] Alan Dressler

من بين كل البناءات المعقدة المُنتجة بمعرفة البيولوجيا الأرضية، فليس ثمة ما له معنى أو مغزى مثل العقل، الذى هو أكثر الأعضاء كلها تعقيدًا. فهل العقل كان مجرد مصادفة عشوائية للتطور، أو هو نتاج ثانوى لا محيص عنه لشبه قانون عملية التعقيد؟

وهناك افتراض عام بأن الحياة لو ظهرت على كواكب أخرى، فستكون متوازية مع الحياة على الأرض فى نموها التطورى. ومؤيدو **SETI** (وهو اختصار للبحث عن الذكاء خارج كوكب الأرض **search for extraterrestrial intelligence**)، يناقشون أنه عبر بلايين السنين، فإن الحياة خارج الأرض ستتعقد، لدرجة تشكيل المزروعات والحيوانات، وفى النهاية ستكتشف الإدراك والذكاء، تمامًا كما حدث هنا على الأرض. وعلى الأقل بالنسبة لشريحة من الكواكب غير المأهولة، فإن الحياة الذكية – يستمرون فى القول – سوف تتقدم لدرجة التقنية، وبعضًا من تقنية الاتصالات فيها ربما يحاول الآن الاتصال بنا من خلال الإشارات الإشعاعية. وهكذا يتضامن الباحثون فى **SETI** بصفة عامة مع مفهوم سلم التقدم، بالموافقة على أن الحياة، بل أيضًا العقل بمعنى من المعانى كان محتوم ومقدر أن يظهر فى الكون.

هذه الوجهة من النظر، رغم تفشيها وسيادتها، فهى تخفى مرة ثانية افتراضًا ضخمًا حول طبيعة الكون، فهى من حيث التأثير تعنى الموافقة على أن قوانين الطبيعة مجهّزة، ليس فقط من أجل خاطر التعقيد، وليس فقط من أجل الحياة، وإنما أيضًا من أجل العقل. ولوضع الأمر فى شكل درامى: فإنها تتضمن أن العقل مكتوب أو مقدر فى قانون الطبيعة بطريقة أساسية. وبذلك يكون له مغزى كبير، بالتأكيد أن نتاج توجه تعقيد الطبيعة - الذكاء مثله مثل النوع البشرى - يعتبر قادرًا على فهم القوانين التى أنشأت «الفهم» فى المقام الأول.

إنها بالفعل فكرة موحية. ولكن هل تقبل التصديق؟ هل يتسنى لنا الاعتقاد بأن الكون ليس فقط متعاطفًا بيولوجيًا، وإنما يتعاطف مع العقل أيضًا؟ وفى عام ١٩٦٤ كتب البيولوجى جورج سمبسون **George Simpson** بحثًا تشككيًا بعنوان[٤٨]: «حول عدم سيادة الكائنات الشبيهة بالإنسان» **On the nonprevalence of humanaids**، أكد فيه عدم جدوى البحث عن حياة متقدمة خارج الأرض، واصطلح لتسمية ذلك «المخاطرة أو المغامرة» الأكثر عداءً للفروق والمميزات فى التاريخ، «مشيرًا إلى أن الإنسان كان يتجه لأحداث خاصة تاريخية لا حصر لها. وانتهت إلى أن الافتراض المتحرر الذى يراه الفلكيون والفيزيائيون وبعض البيوكيميائيين بأن الحياة متى بدأت فى أى مكان، فإنه لا مندوحة من ظهور أشباه الكائنات، هو افتراض محض زيف».

وفى مناقشة مؤخرًا مع كارل ساجان **Carl Sagan** المناصر لـ **SETI** مع البيولوجى إرنست ماير **Ernst Mayer**، والذى يعتبر صدى لسيمبسون وتشكيكاته[٤٩]: «فوق الأرض وعبر ملايين السنين فى خطها المستقيم هى والعضويات، وربما خلال ٥٠ بليون حادث تخصيصى، كان واحد منها فقط، هو الذى أدى للذكاء، وهو ما يجعلنى أعتقده مَشوبا برائحة الاحتمالية».

وبالتشابه مع ذلك، أعلن ستيفن جاى جولد أن الحياة كان مقدر عليها أن تنتج العقل. وقال أيضًا إنه لو تخيلنا بعض الكوارث التى ألهبت أو أجدبت كل

الحياة المتقدمة على الأرض، مبقية فقط على الميكروبات فما الذى سيحدث؟ هل نتوقع نموذجًا عريضًا للتطور مع الأسماك والفقاريات والزواحف والثدييات والحيوانات ذات القدمين الذكية، كل هذه هل ستعاود الظهور؟ وانتهى إلى أن شيئًا من ذلك سيحدث، ولو على مستوى جزء منه. وتاريخ الحياة على الأرض عبارة عن «يا نصيب كبير» فيه مزيد من الخاسرين أكثر من الرابحين، وتضمين الكثير من أحداث القدر، والكثير من الانعطافات التى لا يمكن تجنبها، والتى تعنى فى مجملها أن نموذج المتغيّر فى جملته عشوائى بالضرورة. إن بلايين الخطوات التصادفية التى صنعت تناسلنا وذريتنا لم تقع مرة ثانية بالتأكيد، حتى على مستوى الخطوط العريضة. «يجرى التاريخ فى ممر آخر». بحيث إن معظم الإعادة سوف لن تنتج... مخلوقًا له وعى ذاتى «على نحو ما كتب[٥٠]: «فرصة عودة هذا الوضع، متضمنًا ما يشبه أو يقترب من الكائن الحى تعادل الصفر تمامًا».

من الصعب أن تخطئ فى رصد منطق جدلية سيمبسون وجولد. فإذا كان التطور ليس إلا «لوتريه» أو يا نصيب، أو مسيرة مخمور مترنح، فثمة سبب صغير لماذا ستتوجه الحياة إلى ما وراء مستوى الميكروبات، ولا توقعات عما إذا كانت ستتقدم بالضرورة تجاه الذكاء والوعى، والذى يظل أقل من تطور سلوك أشباه البشر؟ وحينئذ سنكون مُجبرين على الموافقة على حنين موناد، لتعزيتنا والتسرية عنا[٥١]، بأن الإنسان فى النهاية يعرف أنه وحيد فى كثافة واتساع الكون غير المحسوسة، والذى ظهر هو فيه على سبيل المصادفة». وفقط لو أن هناك ما هو أكثر من المصادفة، وفقط لو أن الطبيعة لديها حقيقة خطًا موروبًا فى مبناها تجاه الحياة والعقل، هل سنتوقع أن نرى شيئًا مثل التطور المنتشر الحادث على الأرض، مكررًا على كواكب أخرى؟

إن البحث عن الحياة فى مكان آخر غير الأرض هو إذن أرضية اختبارية لوجهتى نظر عن العالم متعارضتين على نحو درامى. فمن ناحية هناك العلم الأرثوذكسى بفلسفته العدمية للكون اللا غائى، وقوانينه اللا شخصية المتغافلة

للنهايات، كون تصبح فيه الحياة والعقل، والعلم والفن، والأمل والخوف، ليست إلا زخارف صدفوية متقلبة على سجادة من كون فاسد متعذر إلغاؤه. ومن الناحية الأخرى ثمة وجهة نظر أخرى بديلة، لا يمكن إنكار عاطفيتها، ومع ذلك ربما تكون صادقة. إنها النظرة القائلة بالتنظيم الذاتى والتعقيد الذاتى فى الكون، والمحكومة بقوانين حقيقية، والتى تشجع المادة على التوجه إلى الحياة والوعى. كون يصبح فيه ظهور الإنسان المفكر أساسيًا ومعتبرًا كجزء مُقَوِّم للكُلِّيَّة كمذهب للأشياء. كون لسنا فيه وحدنا.

الهوامش

(١) إقــــلاق أو إربـــاك الكـــون "Disturbing the Universe" لـــــ: فريمـــان دايسون"Freeman Dayson" (Harper & Row, New York, p. 250) . وكان ستيـــوارت كوفمان قد نـــاقش هذا الخـــط بشمول واسع فى كتابه: مع الكـــون كـــوطن "At Home in the Universe" (Oxford University Press, Oxford (1995)).

(٢) (The Philadelphia Inquirer, 9 April 1997).

(٣) هى فعلاً تخفى دمجًا بين الضرورة وكفاية الظروف، والذى يمثل تخبطًا منطقيًا أساسيًا. فالمياه ضرورية للحياة كما نعرف، ولكنها بعيدة عن أن تكون كافية وحدها. وحقيقة أننا نعثر على الحياة كثيرًا كلما وجدنا مياهًا سائلة على الأرض، ولكن هذا لا يـــضمن لنـــا وجود الحياة، إذا ما وجدنا مياهًا سائلة فى مكان آخر، فهى لم تظهر فى أى مكان جديد.

(٤) سحابة الحياة "Lifecloud" لـــ: فريد هويل وشاندا ويكراما سنجى (Dent, London. (1978)).

(٥) الكون الذكى "The Intelligent Universe" لـــ: فريد هويل (Michael Joseph, London (1983)).

(٦) الحياة نفسها: طبيعتهـــا وأصـــلها "Life Itself: Its Nature and Origin" لـــــ: فرانسيس كريك (Simon & Schuster, New York (1981)).

(٧) المصادفة والضرورة "Chance and Necessity" لـــ: جـــاك مونـــود "Jacques Monod».

(trans. A. Wainhouse, Collins, London 1971, p. 145).

(٨) الغبار الحيوى "Vital Dust" لـ: كريستيان دى دوف (Basic Books, New York 1995, p. 300).

(٩) عودة عينات من المريخ: أفكار مبدئية وتوصيات لـ: كينيث نيلسون (مرجع سابق ص ١٣).

(١٠) لمزيد من الاطلاع على تقويم نقدى دقيق لهذه الفلسفة انظر: الأصول: قيادة متشككة فى طريق نشوء الحياة على الأرض " Origins: A Skeptic's Guide to the Creation of Life on Earth" لـ: روبرت شابيرو "Robert Shapiro". (Summit Books, New York (1986)).

(١١) منذ الطبعة الأولى لهذا الكتاب، فقد لاحظت أن كثيرًا من البيولوجيين أصبحوا أقرب لوجهة نظر عن الحياة، على أنها منتشرة باتساع فى الكون. وتغيير من هذا النوع أصبح سببه محيرًا لى، باعتبار أن الأفكار الأساسية فى العلم ظلّت كما هى.

(١٢) انظر التذييل رقم ٨ (p.p. XV, XVIII).

(١٣) كما استقيت من: التطور من الجزيئات حتى البشر لـ: ب. س بندال (مرجع سابق، ص ١٢٨).

(١٤) تركيبات بيولوجية ذات صلة بالببيتيدات فى ظل مشارطات بدائية ممكنة." Synthesis of biologically Pertinent Peptides Possible Premordial Conditions" لـ: جارى ستينمان "Gary Steinman" وماريان كول "Marian Cole".

(Proceedings of the National Academy of Science 58, 735 (1976)).

(١٥) جذور قبل بيولوجية من تشكلات تركيبات البروتين " Prebiotic roats of informaed protein synthesis" لـ: سيدنى فوكس فى: جذور الكيمياء الحيوية الحديثة "The Roots of Modern Biochemistry" الذى أشرف على تحريره هورست كلينكوف Horst Kleinkauf وهانزفون دورين Hans Von Dohren ولوثر جينيك "Lothar Joenicke"

(de Gruyter, Berlin 1988, p. 897).

(١٦) كما استقيت من شابيرو: الأصول "Origins" (التذييل رقم ١٠ عاليه، ص ١٨٦، ١٨٧).

(١٧) الأصل، التطـور وتوزيـع الحيـاة فـي الكـون " The Origin, evolution and distribution of life in the universe" لـــ: سـيريل بونامبيرومـا Cyril Ponnamperuma في: البدايات الكونية ونهايات البـشر " Cosmic Beginnings and Human Ends" الذى أشرف علـى تحريـره كليفـورد ماتـاوز " Clifford Matthews" وروى إبراهام فارجيز "Roy Abraham Varghese".

(Open Court, Chicago 1993, p. 91).

(١٨) وباستخدام استعارة أخرى، فإنه يمكن القول بأنه كما أن السيلكون silicon يعتبر عنصرًا شائعًا، فكذلك الكمبيوتر المحمول Laptop سوف ينتشر بشدة فى الكون.

(١٩) لقد ركزت مناقشتى على قوانين الفيزياء المعروفة، والتى شاع أنها بسيطة مـن وجهـة النظر الحسابية (باستثناء بسيط يتعلق بالجاذبية الكمية). وهذا افتراض قابل للتقويم. ويعلم الرياضيون أمثلة حيث بتكرار قواعد بسيطة يتم استيلاد معلومات من نوع كلمونوجروف – شيتان "Kolmongorov Chaitin"، هكذا من دون مقابل. ومن الممكـن وجـود قوانين أساسية فى الكون يمكنها استيلاد معلومات حسابية لها صلة بالبيولوجيا بنفس هذه الطريقة. وإذا كان الأمر كذلك، فإن هذا سينشئ حتمية بيولوجية، وهنا أنا ممـتن لـــ: جيفرى شاليت Jeffrey Shallit بسبب جذب انتباهى لهذا الأمر.

(٢٠) وهذه النتيجة ترجع لـــ: جـودل Gödel بـسبب نظريتـه الرياضـية: الـلا تماميـة "Incompleteness".

(٢١) وهو عبارة عن تقنية تجارية تستخدم فى قائمة تخزين الصور المعقدة. لأنه من الأرخص بالنسبة للمعلومات أن تُشظِّى أو تُشعِّب "tractalize" الصور العادية بدلاً من العبث بها "pixelate". انظر على سبيل المثال: جهاز التشعيب يضع نموذج الفيديو علـى الخـط "Fractals set the pattern for online video" لـــ: بـارى فـوكس " Barry Fox". (New Sientist, 7 September 1996, p. 23).

(٢٢) انظر على سبيل المثال: الطبعة المبدئية للكون لـ: بول دافيز (مرجع سابق. الفصل الخامس).

(٢٣) الأصل الكيميائي للحياة **"The chemical origin of life"** لـ: كريستيان دى دوف في: الأصول الفلكية والبيوكيميائية والبحث عن الحياة فى الكون، والذى أشرف على تحريره: س. ب. كوزموفيكى: وآخرون (مرجع سابق، ص ٣٩٢).

(٢٤) أصول النظام لـ: ستيوارت كوفمان (مرجع سابق، ص ٢٨٥).

(٢٥) أريد أن أكون محددًا، وأكثر دقة، فيما يتعلق بما أعنيه بقانون فيزيائى، وهو موضوع يتصل بشدة بعملية التعريف. فهناك قوانين فيزيائية، مثل قانون أوم **"Ohm"** يشير إلى تجميع خواص متشابهات واسعة فى الذرات. وربما تظن بمثل هذه القوانين أنها ثانوية أو منبثقة كمعارضة فى مواجهة القوانين المبدئية أو الأساسية، مثل معادلات ماكسويل **"Maxwell"**، الخاصة بالجاذبية الكهربية. فإذا كان ثمة مبدأ حياة **"Life principle"** فى الطبيعة، فلا أعتقد أنه سيعمل على مستوى الطريقة المفهومية لمعادلات ماكسويل. وإلا سيشير إلى الخواص الجمعية الانتظامية للأشياء. وهكذا سيكون قانونًا «منبثقًا»، وبالتأكيد قانون أساسى عند مستوى وصفه، ولكنه غير قابل للإنقاص أو الإيجاز أو ممكن وصفه بمصطلحات مستوى «القاع» كقانون للفيزياء الرئيسية.

(٢٦) انظر على سبيل المثال: على حدود التعقيد **"Frontiers of Complexity"** لـ: بيتر كوفنى **"Peter Coveney"** وروجر هايفيلد **"Roger Highfield"**. **(Ballantine, New York 1995, Chapter 4)**.

(٢٧) الحياة الاصطناعية **"Artificial Life"** لـ: كريستوفر لانجتون **"Christopher Longton"**. **(Redwood City, Co. (1988))**. ولتقدير مبسط وميَسّر انظر كوفنى **Coveney** السابق الإشارة إليه فى التذييل السابق: الفصل الثامن.

(٢٨) فى الفصل الأول سقت فكرة أن الجاذبية يمكن أن تلعب دورًا فى هذا. انظر أيضًا التذييل رقم ١٩ هنا.

(٢٩) انظـــر: خطـــوات فـــى اتجـــاه الـــــحياة "Steps Towards life" لــــ: مانفريـــد إيجـــن (tras. P. Woolley, "Manfred Eigen". Oxford' University Press, Oxford 1992, p. 12).

(٣٠) على سبيل المثال: فقد كتب كوبرز "Küppers". وعلى ذلك، فإنه إلى جـــوار المبـــدأ الداروينى لا بد أن هناك مبدأ آخر للتنظيم الذاتى للمادة يحكم انتقالها من «اللا حياة إلـــى الحياة». انظر: نظرية تطور الجزيئات Melocul or Theory of Evolution لـــ: بيرند أولاف كوبرز "Berned-Olaf Küppers".

(Springer Verlage, Berlin 1985, p. 279).

(٣١) هذا السيناريو مشابه للذى وضعه إيجن "Eigen"، حيث تقوم الدوائر المتطرفة بتضخيم أو تكبير انتقائية النظام، ويمكنها بالتالى من تجاوز الداروينية (انظر: الفصل الخامس).

(٣٢) لمراجعة مشكلة المقاييس الكمية انظر على سبيل المثال: الشبح فى الذرة " The Chost in the Arom" لـــ: ب.س. دافيز، ج. ر. براون (مرجع سابق).

(٣٣) أباطرة العـــــقل الجديـــد "The Emperors New Mind" لـــــ: روجـــر بنـــروز "Roger Penrose". (Oxford University Press, Oxford 1989, Chapter 10).

(٣٤) ومن الغريب أن الدنا لها عشر ثنيات، وبعد ذلك خمس ثنيات عندما ينظـــر إليهـــا مـــن آخرها.

(٣٥) انظر: متنامية فينمان (مصدر سابق).

(٣٦) طالما أننى قلت بحدس أن الحياة ربما عزّزت قـــوى عمليـــات معلوماتهـــا بـــشجاعة، باستخدام التأثيرات الكمية. فثمة دليل جديد ومباشر لـــدعم هـــذا الاتجـــاه قـــام أبورقـــا باتل بتركيبة. حيث أعدّ نموذجًا عن احتمالية قيام الـــدنا بتـــشكيل جزيئـــات مترابطـــة باستخدام عمليات تذكرنا بالحوسبة الكمبيوترية، موضحًا أن مـــا نحـــصل عليـــه مـــن

أرقام من الشيفرة الجينية تحـدث بـدورها فـى حـساب جروفـر "Grover" وهـو قاعدة رياضية للحوسبة الكمبيوتريـة الكميـة. انظـر: الفيزيـاء الرياضـية والحيـاة "Mathematical physics and Life" لـــ: أبورقـا باتـل Apoorva Patel فى: الحوسبة وعلم المعلومات اتجاهات حديثة.

"Computing and Information Science: Recent Trends" (ed. J. C. Misra, Narosa Publishing House, New Delhi, 2002, p. 270).

(٣٧) انظر: التذييل رقم ٨ وص. **XVIII**.

(٣٨) فى مراجعة متأخرة عن الاتجاهات فى التطـور، خـصوصًا نزعـة انتـشار التعقيـد فقد خلص سين كارول "Sean Carrol" من جامعـة وسكونـسين بماديـسون إلـى: افتراض أساس خلوى للحياة... فإن النزعة الأقوى للانتـشار أو التزايـد فـى الحجـم العضوى تعقيدًا وتنوعًا من متناهى الصغر فـى البدايـة، مـن المؤكـد انكـشافها أو ظهورهـا فـى أى نظـام: «انظـر: المـصادفة والـضرورة: تطـور التعقيـد المورفولـوجى (التـشكلى) والتنـوع» **"Chance and necessity: the evolution of morphological complexity and diversity" (Nature 409, 22 Februry 2001, 1102).**

(٣٩) فخامة الحياة لـ: ستيفن جاى جولد (مرجع سابق).

(٤٠) انظر التذييل رقم ٣٩، ص ٢٠٢-٢١٢.

(٤١) الدفاع الأكثـر بيانـا ووضـوحًا بعكـس دعـوى جولـد "Gould" هـو أن سـجل الأحافير يظهر لنا اتجاهًا لتزايد التعقيد، والذى قـال بـه سـيمون كونـواى مـوريس "Simon Conway Morris" مـن جامعـة كامبريـدج. انظـر: علـى سـبيل المثـال: كتابـه: محنـة أو الاختبـار القاسـى للنـشوء **"The Crucible of Creatio" (Oxford University Press, Oxford 1998).**

(٤٢) تسلق الجبــل غيــر القابــل للتحقيــق "Climbing Mount Improbable" لـــــ: ريتشارد داوكنج"(Richard Dawkins" (Viking London 1996.

(٤٣) انظر: التذييل رقم ٣٩ ص ١٩٧.

(٤٤) انظر: التذييل رقم ٣٩ ص ٢١٦.

(٤٥) كثير من العلماء ناقشوا فكرة أن بعض التــشكل البيولــوجي ووظائفــه قــد تحــددت وفقًا للمبادئ الرياضية للتعقيد أكثر مــن أن تكــون داروينيــة. انظــر علــى ســبيل المثال: كيف غيّر النمر النقاط أو البقــع المنتــشرة علــى جلــده " How Leopard Changed Its Spots" لـــــــ: بريـــــان جـــــودوين "Brian Goodwin". (Weidenfeld & Nicolson, London 1994).

(٤٦) انظر: التذييل رقم ٨ ص ٢٩٩.

(٤٧) رحلة إلــى الــساحر الأعظــم "Voyage to the Great Attractor" لـــــ: آلان دريسلر "Allan Dressler". (Knopy, New York, 1994, p. 335).

(٤٨) عدم سيادة أشباه الإنسان لـــ: جورج جاى لورد (مرجع سابق).

(٤٩) البحث عن الذكاء فى فضاء ما بين النجوم: هل هو بحــث علمــى أو تفــاؤل أحمــق بأكملــــــه؟. " The search for extraterrestrial intelligence: Scientific quest or hopeful folly ?". فى جــدل قــام بــين أرنــست مــاير Ernest Mayr وكارل ساجان "Carl Sagan".

(The Planetory Reprot, 16, 4 (1996).

(٥٠) انظر: التذييل رقم ٣٩ ص ١٧٥ـــ ٢١٤ـــ ٢١٦.

(٥١) انظر: التذييل رقم ٧ ص ١٨٠.

معلومات سريعة عن أهم ما ورد فى الكتاب من موضوعات وأسماء أعلام .. مرتبة تبعًا للألفبائية العربية

(إعداد المترجم)

اولا: الاســـــماء:

- **أبيقور (٣٤١- ٢٧٠ قبل الميلاد) Eqicurus**

- فيلسوف إغريقى قديم ومؤسس لمذهب الأبيقورية (مذهب اللــذة)، والتــى شكلت مدرسة قائمة بذاتها فى الفلسفة الهلينيستية امتدت لحــوالى ســتمائة عام، ومن المعروف عنه أنه كتب أكثر من ٣٠٠ عمل لم يبق منها سوى شذرات وأتباعه هم الذين نقلوا لنا معرفتنا به.

- يرى أن هدف الفلسفة يتحصل فى الحفاظ على الحيــاة الــسعيدة (اللــذة) الهادئة المتسمة بغياب الألم (عكس اللذة) والخــوف، وأن تعــيش مكتفيًــا بذاتك ومحاطًا بالأصدقاء، بما يعنى أن السعادة والألم هما مقياس ما هــو حسن وما هو سيئ، وأن الموت هو نهاية (الجسد والروح)، ومــن ثــم لا يجب أن نخاف من أن الآلهة سوف لا يكافئون البشر أو يعــاقبونهم، لأن الكون لا يتناهى وأبدى، كما أن الوقائع فى العالم تقوم كليّة علــى حركــة وتفاعلات الذرات المتحركة فى الفضاء الخالى.

- أنشأ مدرسة بقليل من الأتباع المخلصين - والتى توسعت بعد ذلك وتزايــدت أعدادها، لدرجة أنها شكلت مع المدرسة الرواقية والمدرسة الشكلية، الثــالوث الرئيسى طوال فترة العصر الهيللينستى، والتــى اســتمرت حتــى العــصر الرومانى المتأخر.

- بعد الموافقة الرسمية على المسيحية بواسطة الإمبراطور الروماني قسطنطين، أصبحت الأبيقورية متعارضة مع المعتقد المسيحي، بسبب اعتقادها بأن الآلهة مشكلة من أجسام فيزيائية من الذرات غير المهتمة بالبشر وشئونهم، وأنها لم تقم بخلق العالم وعدم اعتقادها بثنائية الجسد الفاني والروح المخلدة، وعليه توارت المدرسة الأبيقورية بعيدًا.

- ولكن أعيد طبع ونشر أعمال أبيقور وديوجين اللايرتي بأوروبا في القرن ١٦ لتعود مهاجمة المسيحية لها، ثم أحياها مرة أخرى في القرن ١٧ قس فرانسسكاني فرنسي. وفي العصر الحديث تبنى العلماء الفكر الذري، واحتضن الفلاسفة الماديون الأبيقورية كمذهب للمتعة الأخلاقية التي تعني أن اللذة والسعادة هما الخير الأوحد في الحياة، مصرحين بأنها تصنف كغاية طبيعية.

- **إدمون هالي (١٦٥٦- ١٧٤٢) Edmond Halley**

- فلكي إنجليزي ورياضي وجيوفيزيائي وعالم بالأرصاد الجوية وفيزيائي.

- في حوالي العام ١٦٧٩ استطاع أن يثبت صحة ملاحظات الفلكي جوهانس هافيلوس **Johannes Havelius** (الذي لم يكن يستخدم تيليسكوبًا)، ونشر وقتئذ مصنفًا يحتوي على تفاصيل ٣٤١ نجمًا جنوبيًا، ثم في العام ١٦٨٠ نشر الجزء الثاني من مصنفه ذاك، والذي احتوى رؤيته عن الرياح التجارية والرياح الموسمية، وأيضًا مقولة إن حرارة الشمس هي المسئولة عن حركات الجو، وتأسيس العلاقة بين الضغط الجوي البارومتري ومدى الارتفاع عن سطح البحر.

- قام بدراسة اكتوارية مهمة عن مستويات الحياة والموت، ساهمت في تطور علم التأمين.

- له تجارب عن ضغط المياه، قام بها بنفسه ومعه عدد من أقرانه، كما قاد أول مركب (شبه شراعى) يقوم بمهمة علمية فى المحيط الأطلنطى.

- فى عام ١٦٩٢ أبرز فكرته عن « الأرض المجوفة **"Hollow Earth"**، باعتبارها تشتمل على قشرة، سمكها ما يقرب من ٨٠٠ كم وبداخلها قشرتان أخريان، وفى العمق من ثلاثتها يستقر القلب، الذى يبلغ مداه إلى ما يقرب من كوكب الزهرة أو عطارد أو المريخ. واستنتج من ملاحظاته أن الجو داخل الأرض مضىء ويمكن أن يصبح مسكونًا.

- وفى نمذجة كمبيوترية حديثة جدًا لموديل الأرض جاءت النتائج داعمة لمقولات هالى، وبالذات فيما يتعلق بالطبقات القشرية الثلاث المتحدة المركز.

- **أرسطو (٣٨٤- ٣٢٢ قبل الميلاد) Aristole**

- فيلسوف يونانى قديم وتلميذ لأفلاطون، حيث يعتبران من أعظم النماذج العقلية التى أخرجتها اليونان، وإن كان يختلف عن أستاذه فى استشرافه كل ميادين المعرفة العقلية، ولذا أثرت كتاباته، طويلاً وجذريًا، على الأفكار الغربية والإسلامية.

- ينحدر عن أسرة حائزة على مناصب متعددة، نخص منها والده، الذى كان الفيزيائى الخاص لملك مقدونيا، وبعد وفاته ذهب أرسطو لتلقى العلم فى «الأكاديمية» التى أنشأها أفلاطون، وفى الخمسين من عمره افتتح «الليسيوم» كمعهد ينافس «الأكاديمية»، وكانت أهم مساهمات هذا المعهد تتركز فى البيولوجيا والتاريخ.

- كانت عقليته واسعة بحيث غطت معظم العلوم وقتئذ، والتى اعتبر معها طليعيًا، وإن أصبحت دراساته خارج «الموضة» وتحظى فقط بأهمية تاريخية.

- شمل ما نعرفه عن مؤلفاته (شبه المفقودة) احتواءها على مقالات وأبحاث فى الجوهر والوجود وتعدد معانى المصطلحات الفلسفية، والفعل، والقوة، وفلسفة الرياضيات .. إلخ .. ومن أبـــرز ابتداعاتـــه: المنطـــق الـــشكلى المعروف بالقياس الأرسطى، والذى كانت النظرة إليه كذروة للمنطق على مدى عدة قرون ولكن تم دحضه بعدها.

- **إدسون باستن (١٨٧٨- ١٩٥٣) Edson bastin**

- ولد فى شيكاجو وحصل على الـدكتوراه مـــن جامعتهـــا، وهـــو أســـتاذ لعلوم الجيولوجيا وعلوم الأحاثة **Paleontology**، التـــى تعنـــى بأشـــكال الحياة فـــى العـــصور الجيولوجيـــة الـــسالفة كمـــا تمثلهـــا المتحجـــرات الحيوانيـــة والنباتيـــة، وكـــان عـــضوًا بالجمعيـــة الأمريكيـــة لمـــسح الأراضى فـــى الفتـــرة مـــن ١٩٠٤-١٩١٩، والتـــى مـــسحت معظـــم المنـــاطق التعدينيـــة، وتـــصاعدت شـــهرته فـــى عـــشرينيات القـــرن الماضى، عند قيامه ببحث المياه الجوفية فـــى حقـــول البتـــرول، والتـــى أوضحت للمرة الأولى بأن كائنـــات عـــضوية ماكرويـــة تعـــيش هنـــاك فى الأعماق تحت سطح الأرض.

- له مجموعة من الأوراق الخاصة محفوظة بمركز الأبحاث بمكتبة جامعـــة شيكاجو، وتحمل هذه المجموعة اسمه: (باستن، إدسون سندرلاند) وتتكون من ١١ خريطة مسح جيولوجى للولايات المتحدة بصفة خاصة ووسكنسن، والكثير منها يحتفظ برسوماته وتعليقاته عليها.

- يعرف أيضًا بمساهماته فى الفضة والزنك ومخزوناتهما فى وادى المسيسبى.

- **أبورفا د. باتل Apoorva D. Patel:**

- أستاذ فى مركز فيزياء الطاقة العليا والـــسوبر كمبيـــوتر فـــى بـــانجلور "**Banglore**" وعضو فى مركز عبد السلام (الحائز على نوبل مع آخرين) الدولى للفيزياء النظرية بتريستيا (إيطاليا).

- دراساته فى مجال الحساب الكمى وشفرة الجينات وأيضًا اكتشافه تفسيرًا للبناء النووى للجينات، وبصفة خاصة لماذا تستخدم العضويات الحية قاعدة من أربع نيوكليدات فى الدنا و ٢٠ حمضًا أمينيًا فى البروتينات.

- كما امتدت أبحاثه إلى الديناميكا الحرارية للثقوب السوداء فى الفضاء، وأيضا ما يعرف بـ «الحوسبة الكمية».

- سير أرثر ستينلى إدنجتون (١٨٨٢-١٩٤٤) **Sir Arthur Stenely Eddington:**

- فلكى وفيزيائى ورياضى إنجليزى، قام بأعمال كبرى فى مجال الفيزياء الفلكية، كما يعد أول شارح للنظرية النسبية باللغة الإنجليزية عام ١٩٢٠ فى تقريره «المكان، الزمان، الجاذبية» ورسالته الكبيرة: «النظرية الرياضية للنسبية» التى اعتبرها أينشتاين أنقى عرض للموضوع فى أى لغة كانت .

- فَجّر فى أبحاثه موضوع تمدد الكون، والذى قدمه فى كتابه «الكون المتجدد» كما اقترح عام ١٩٣٣ ما يفيد إمكانية التوحيد بين نظريتى الكم والنسبية العامة للتوصل لحساب قيمة الكون المستقر، وبصفة خاصة بناؤه وقياس كتلة البروتون بالنسبة للإليكترون، ثم عدد الذرات فى الكون وهى المحاولة التى لم تتم حينئذ.

- من أكبر مساهماته (وتركزت فى الفلك)، بناء النظام النجمى وضبط الإشعاعات والمصادر دون الذرية للطاقة النجمية، ومقاييس النظام النجمى وديناميكا النجوم النابضة، والعلاقة بين كتلة النظام وسرعة الضوء، والنجوم القزمية البيضاء التى تنثر المادة فى فضاء ما بين النجوم، وما يقال له خطوط الطيف.

- أعلن عن مناهضته للحرب العالمية الأولى، كما أوضح أن العالم لا يمكن اكتشافه بالعلم فقط، وإنما يدرك من خلال الحقيقة الروحية، وكان فى ذلك متأثرًا بالأفكار الكويكرية الدينية، التى وجدت لها مكانًا فى كتبه ذات الطابع الفلسفى.

- **إرڤين شرودنجر (١٨٨٧-١٩٦١) Ervin Schrödinger:**

- فيزيائى يحمل الجنسيتين النمساوية والأيرلندية، حيث ولد فى النمسا وتبادل الإقامة فى الموقعين، وحقق شهرته عبر مساهماته فى ميكانيكا الكم (معادلة شرودنجر)، والتى من أجلها حصل على جائزة نوبل عام ١٩٣٣، وفى عام ١٩٣٥ بعد مراسلاته الشاملة مع صديقه ألبرت أينشتاين، قدم اقتراحه بما يعرف بتجربة التفكير، من خلال نموذج القطة لشرودنجر.

- فى معادلته المشار إليها قدم تحولاً فى الموجات الكمية للنظم المستقلة عن الزمن، وكيف تعطى الطاقة الصحيحة المسماة «قيم إيجن» للذرات الشبيهة بالهيدروجين، وهى المعادلة التى اعتبرت فى الأوساط العلمية كأهم إنجاز فى القرن العشرين، وفى بحث آخر بعده بأربعة أسابيع قدم حلاً للتذبذب المتناغم، والدوران الصارم والجزيئات ثنائية الذرات، بما يعنى توجهًا جديدًا لمعادلته. ثم فى بحث ثالث أبرز تكافؤ الاقتراب الخاص بهايزنبرج، معطيًا معالجة لما يعرف بالتأثير التام، وفى بحث رابع أوضح كيفيه معالجة المعضلات فى نظم متغيرة مع الوقت مثل المعضلات المتناثرة. وكل هذه السلسلة من الأبحاث تعتبر إنجازه المركزى فى حياته بأسرها، وأصبحت ذات أهمية بالغة فى المجتمع العلمى.

- من بين مؤلفاته «ما هى الحياة» وهو الكتاب الذى كان له تأثير على جيمس د. واتسون، وألهمه البحث فى المسألة الجينية والتى أوصلته لكشف تركيب الدنا.

- ومن المناطق المجهولة فى حياته العلمية مساهمته فى بحوث التلوين والصباغة.

- ومما يذكر أن حياته الشخصية «الفضائحية» وإصراره على الحفاظ على زوجه وعشيقه، فى إقامة واحدة، سببت له كثيرًا من المتاعب بالنسبة لتوليه بعض المناصب الجامعية، لعدم تقبل المجتمع الغربى هذا الوضع، كما كان مؤمنًا بديانة الڤيدانا الهندية.

- **إراثموس داروِن (١٧٣١ – ١٨٠٢) Erasmus Darwin:**

- فيزيائي إنجليزى وفيلسوف طبيعى وفسيولوجى ومخترع وشاعر وعضو مؤسس للجمعية القمرية "Lunar Society"، وهي دائرة نقاشية ضمت عددًا من الرواد فى المجال الصناعى والفلاسفة الطبيعيين، والتى يعزى إليها قيام الثورة الصناعية فى إنجلترا.

- وباعتباره وتدًا معتبرًا فى عائلة داروِن الحافلة بالعلماء، فهو أيضًا الجد المباشر لتشارلز داروِن صاحب «النشوء والارتقاء».

- وإن كان قد درس الطب في مدرسة طب أدنبرة فغير معروف حصوله على درجة علمية فيها، وإنما ظل فيزيائيًا ناجحًا طوال خمسين عامًا.

- من أبرز كتاباته :

• قضى ٧ سنوات فى ترجمة أعمال عالم النبات السويدى كارلوس لينيوس من اللاتينية إلى الإنجليزية، والتى أسفرت عن مطبوعتين :«نظام الخضراوات» و«عائلات النباتات» واللتين نحت فيهما مسميات العديد من النباتات والمستخدمة حتى اليوم.

• كتب بعدها قصيدة هائلة عن «حب النبات»، والتى حوت صدى لأعمال لينيوس.

- ثم كتب «اقتصادات التغذية».

- من أهم أعماله العلمية : مملكة الحيوان **Zoonomia** (بين عـامى ٩٤ و ١٧٩٦)، والذى حوى، على حد تعبير حفيده تشارلز دارون أفكارًا استبقت أفكار لامارك المعروف عنه التلويح بنظرية التطور، وقد بنى إراثموت أفكاره على نظرية التزامليـة «**associationisim**» والتـى انتهى فيها إلى نتيجة، مؤداها أن خيطًا وحيدًا لا بد أنه كان السبب فى كل الحياة العضوية المعروفة.

- كما أن قصيدته الأخيرة، والتى تعد أبدع قصائده باعتراف كوليريـدج وودورذ ورث والمسماة «معبد الطبيعة»، والتى كانت فـى الأصـل بعنوان «أصل الاجتماع»، وفيها ركز على اهتماماتـه فـى نظريـة التطور وتعقب متوالية تطور الكائن العضوى من كائنات مايكرويـة إلى حتى المجتمع المدنى وهو ما قدمه فيما بعد الحفيد تشارلز دارون، فيما عدا فكرة «الاختيار الطبيعى»، أما القصيدة الأكثر شُـهرة فهـى المسماة «الحديقة النباتية».

- كما كانت تربطه علاقة صداقة طويلة مع بنيامين فرانكلين الذى شـاركه فى دعم الثورة الأمريكية والفرنسية.

- **أفلاطون (٤٢٧ أو ٤٢٨-٣٤٧ أو ٣٤٨ قبل الميلاد) Plato:**

- فيلسوف إغريقى كلاسيكى، ومشاركة مع أستاذه سقراط وتلميذه أرسطو قد أرسوا معًا أسس الفلسفة الغربية، وكان أيضا رياضيًا وكاتبًـا للحـوارات الفلسفية ومؤسسًا لأكاديمية أثينا كأول مؤسسة للتعليم العـالى فـى العـالم الغربى – وقد تأثر كثيرًا بأفكار أستاذه سقراط حتى إنه يمكن الاسـتدلال على ألمعيته ككاتب ومفكر من قراءة محاورات سقراط، واعتبـرت هـذه المحاورات وغيرها من الكتابات التى نسبت إليه على درجة عاليـة مـن

العلو والتفوق، وإن كان يبقى سؤال لم يتأكد أحد من صحة إجابته، وهو أنه حاضر فى الأكاديمية بما يعنى أنه مؤسس الوظيفة البيداجوجية لهذه المحاورات، والسؤال هو أين يقع سقراط فيها وأين هو؟. ومع ذلك فقد أفادت المحاورات فى تعليم موضوعات كثيرة منها الفلسفة والمنطق والرياضيات وعلم البيان وفن النثر.

- وطبقًا لما قاله ديوجين اللايرتى، فقد كان اسمه بالميلاد «ارستوكليس» تيمنًا باسم جده، إلا أن معلمه لفن المصارعة خلع عليه اسم أفلاطون **Plato**، والذى يعنى بالإغريقية «الواسع»، نظرًا للزيادة الواضحة فى فصاحته وبلاغته ولعرض جبنية، وقد رجع له الاسم الأصلى فى المرحلة الهيللينستية من تاريخ الفلسفة، حينما انتقلت الفلسفة الأفلاطونية إلى الإسكندرية.

- كان تأثيره عظيمًا بصفة خاصة على الرياضيات والعلم، حيث ساعد على التمييز بين الرياضة البحتة والرياضة التطبيقية من خلال توسيع الشقة بين الحساب الذى يسمى الآن «نظرية الأعداد» وما له علاقة بالمنطق الرمزى والذى يسمى حاليًا «علم الحساب»، حيث كان يرى أن المنطق الرمزى ضرورى لرجال الأعمال ورجال الحرب، وإلا لن يعرفوا كيف يَصفُّون قواتهم، بينما المنطق الرمزى أو علم الحساب فهو يناسب الفلاسفة «لأن عليهم أن يطفوا أو يعلوا عن بحر المتغيّرات ويستمسكوا بحقيقة الموجودات».

- ورغم إعجاب أينشتاين به نسبيًا، فقد حاول بعض الفلاسفة الإقلال من شأنه وبالذات هؤلاء الذين فارقوا نماذج الفلسفة الأونطولوجية، ومثاليات الأخلاق مثل فريدريك نيتشه ومارتن هيدجر وكارل بوبر، الذى اعتقد أن نموذج الجمهورية عنده يعتبر نموذجًا بدائيًا لسلطة الاستبداد، والوحيد الذى ناصر أفكاره فى مواجهة هؤلاء هو ليو ستراوس **Leo Strouss**

واعتبر أن محاورات أفلاطون تتضمن حلاً لما سماه المفكرون: «أزمة الغرب».

- **ألكسندر إيڤانوفتش أوبارين Alexander Ivanovich Oparin**

- بيوكيميائى سوفييى، وواضع لنظرية «أصل الحياة» وهى من أعماله المهمة، والتى قامت على أساس بيوكيميائى للمواد الخضرية وتفاعلات الأنزيم داخل خلايا النباتات، كما طور تأسيس الصناعة البيوكيميائية فى الاتحاد السوفييتى.

- أحيانًا يتم تلقيبه بدارون القرن العشرين، وأصبح بطلاً للاشتراكية عام ١٩٦٩، وتلقى جائزة لينين عام ١٩٧٤، وميدالية لومونوسووف الذهبية عام ١٩٧٩ لأعماله المبهرة والفائقة فى المجال البيوكيميائى.

- فى بواكير عام ١٩٢٢ أكد المعتقدات التالية:

• عدم وجود فارق أساسى بين نظام حيوى والمادة غير الحية، والخواص والتراكيب المعقدة، التى تميز الحياة لابد أنها ظهرت خلال عمليات تطور المادة.

• وبالنظر لما اكتشف مؤخرًا من وجود الميثان فى أجواء كوكب المشترى والكواكب العملاقة الأخرى، فقد ادعى أن كوكب الأرض، وهو فى حالة الطفولة، قد اعتراه بشدة جو هادئ أو منقوص، محتويًا على الميثان والأمونيا والهيدروجين والمياه، ومن الضرورى فى رأيه أن تكون تلك هى المواد الأولية للحياة.

• وفى البداية كان ثمة بعض محاليل الجواهر العضوية، والتى كانت خاضعة فى سلوكها لخواص مكوناتها الذرية وترتيبات هذه الذرات فى بناء الجزىء. وبالتدريج وكنتيجة للنمو وانتشار التعقيد فى

الجزيئات، ظهرت خواص جديدة وكيماويـــات متـــصادمة اســـتهدفت العلاقات البسيطة بين العضويات الكيماوية، وهذه الخواص تحـــددت بناءً على الترتيبات الثانوية والمحايدة للعلاقات بين الجزيئات.

- برزت فى هذه العملية خاصية المحافظة علـــى النظـــام، حيـــث أدى التنافس وسرعة النماء والصراع من أجل البقاء، وفى النهاية الاختيار الطبيعى إلى تحديد شكل لمادة حياة، والتى تسم الأشياء الحيّـــة كمـــا نعرفها اليوم.

- رسم خطوطًا لكيفية احتمال تشكيل عضو حيـــوى كيميـــائى عبـــر نظـــم ميكروسكوبية فى أَحْيِزَة ضيّقة (لم يُجرِّب ذلك معمليًا بنفسه)، وهو ما أَهَّلَ العلماء لفعله عام ١٩٥٣.

- **أندريه كولموجروف (١٩٠٣-١٩٨٧) Andrei Kolmogrov**

- رياضى روسى أَثَّرت أعماله على فروع متعددة من الرياضة الحديثة، كما قام بشكل خاص بمساهمات أساسية فى نظرية الاحتمالات التـــى تعتبـــر مجال تخصصه الرئيسى.

- نشر عمله الأهم عام ١٩٢٩ بعنوان: «النظرية العامة للقيـــاس ونظريـــة الاحتمالات» وبعد التوسع فيها نشرت عام ١٩٥٠ تحت عنوان: «نظريـــة الاحتمالات»، والتى أنشأ فيها نظامين من المعادلات المختلفـــين جزئيًـــا، ويحملان اسمه واللذين يصفان نقل الاحتمالية لعمليـــات مـــاركوف، كمـــا يمدّانا بوسائل للتعامل مع المعضلات فى مجال الحركة وعمليات الانتشار، أما ما كان له صفة التأثير المباشر على مرحلة جديدة من العلم هو تطبيقه نظرية الاحتمالات فى مجـــال الفيزيـــاء والكيميـــاء والهندســـة المدنيـــة والبيولوجيا.

- إليا بريجوجين (١٩١٧-٢٠٠٣) **Ilya Prigogine** :

- فيزيائى بلجيكى حاصل على جائزة نوبل فى الكيمياء ومعروف بعمله الدؤوب على البناءات المبددة **dissipative**، والنظم المعقدة، وتلك التى لا يمكن إلغاؤها أو جعلها معكوسة.

- وترجع نظريته فى هذا المجال إلى تعريفه القاطع الأشكال أو البناءات المبددة ودورها فى نظم الديناميكا الحرارية، بعيدًا عن حالة التوازن، وهو الاكتشاف الذى حاز بسببه على جائزة نوبل عام ١٩٧٧، وهى النظرية التى أدت إلى بحثه الرائد فى التنظيم الذاتى، وأيضًا الأسئلة الفلسفية فى تشكلات التعقيد عبر الجواهر البيولوجية ومطلب أو التنقيب عن قاعدة خلاقة وغير قابلة لمعكوسية الزمن فى العلوم الطبيعية.

- وقد نظر الكثيرون إلى أعماله كمعبر بين العلوم الطبيعية والعلوم الاجتماعية، حيث طور مع البروفيسور روبرت هيرمان **Robert Herman** بجامعة تكساس قاعدة نموذج لسائلين، ونموذج شبكة مرورية فى المدينة، باستخدامه نظرية التكثيف التى تحمل اسم بوز- أينشتاين **Bose - Einstein** فى هندسة المرور.

- وفى سنواته - المتأخرة تركزت أعماله فى قاعدة تحديد النظم غير الخطية على المستوى التقليدى ومستوى الكم. واقترح استخدامًا صارمًا لفضاء هيلبرت **Hilbert space** فى ميكانيكا الكم كطريقة وحيدة ممكنة لتحقيق غير المعكوسية فى النظم الكمية.

- من بين كتبه «النظام من بين الفوضى أو العشوائية»، مشاركة مع إيزابيلا ستينجرز عام ١٩٨٤، ويحمل الكتاب عنوانًا فرعيًا يقول: ديالوج جديد بين الإنسان والطبيعة، كما شاركها أيضًا فى كتابين آخرين «نهاية اليقين» و «الحلف الجديد»، وفى عام ١٩٧٧ ألف كتابًا بعنوان «التنظيم الذاتى فى

النظم غير المتوازنة»، وفى ١٩٦١ كان قد كتب «الديناميكا الحرارية فى العمليات غير المعكوسة» وفى عام ١٩٩٣ ألف كتابًا تحت عنوان: «الديناميكا المشوشة والانتقال عبر السوائل والبلازما».

- إيورز سذاثمارى (١٩٥٩-٠٠٠٠) **Eörs Szathmáry**:

- بيوكيميائى مجرى، ويشغل رئاسة قسم تصنيف النبات وعلم البيئة (العلاقات بين الكائنات الحية والبيئة التى تعيش فيها) بجامعة أوتوفوس لوراند **Eötvos Loránd** ببودابست.

- وهو المؤلف المشارك مع جون مانيارد سميث لكتاب «النقلات التطورية الكبرى» **"The Major Transitions in Evolution"**.

- إيوجين ڤيجنر (١٩٠٢-١٩٩٥) **Eugene Wigner**:

- فيزيائى ورياضى مجرى المولد أمريكى الجنسية، حا. على جائزة نوبل عام ١٩٦٣، مشاركة مع آخرين «لمساهمته فى نظرية النوى الذرية والجسيمات الأولية، خاصة عبر اكتشافه تطبيقات مبادئ التماثل الأساسية»، وكذا تشكيله قانون حفظ التكافؤ، هذا ويلقبه بعض معاصريه بـ «العبقرى الصامت» والبعض اعتبره يضاهى ألبرت أينشتاين، وإن كان بغير الشهرة التى حازها الأخير.

- فى عشرينيات القرن الماضى، بدأ يتعمق فى ميكانيكا الكم، ووضع أسس نظرية التماثل **symmetries** فى ميكانيكا الكم، وفى عام ١٩٢٧ قدم ما أصبح يعرف بـ **Wigner D-Matrix**، ومن المأمون القول بأنه وهيرمان ڤييل **Hermann Weyl** يعتبران المسئولين الروحيين عن تقديم نظرية المجموعات فى ميكانيكا الكم.

- كان معاصرًا لمجموعة من القطاحل مثل ماكس بلانك، وماكس فون لوى، ورودلف لادنبرج، وولفجانج باولى وفيرنر هايزنبرج، ويأتى على رأسهم جميعًا أينشتاين نفسه، ولا شك أنهم أضافوا إلى بصيرته وضاعفوا استنارته.

- من بين ما هو مشهور عنه أن ثمة متناقضة تعرف باسم «متناقضة الصديق لفيجنر» **"Wigner's friend paradox"** والتى عادة ما ينظر إليها كامتداد لتجربة قطة شرودنجر فى مجال تجريب الفكر، والتى ألقى فيها فيجنر السؤال: فى أى مرحلة يمكن أن نقوم بالقياسات؟، وقد صمم التجربة ليثبت كيف آمن بأن الوعى ضرورى لعمليات القياس القائمة على ميكانيكا الكم.

- طور مبادئ تطبيق ميكانيكا الكم وأبرز مفهوم التماثل فى الفضاء والزمن، التى تميز سلوك العناصر الأقل من ذرية، كما عمل على نظرية امتصاص النيترون التى أثبتت جدواها فى بناء المفاعلات الذرية.

- من بين مؤلفاته «علاقات التشتت وعلاقتها بالسببية» ١٩٦٤ و«التماثلات والانعكاسات» ١٩٦٧.

- حصل على لقب مواطن أمريكا عام ١٩٣٧، وتقلد عدة مناصب جامعية تعليمية وبحثية، آخرها وحتى تقاعده، كأستاذ للفيزياء الرياضية بجامعة برينستون منذ عام ١٩٣٨ حتى ١٩٧١. وبعدها تحول إلى الفلسفة، ومال لأحد المعتقدات الهندية.

- **بَــزْ ألدرين Buzz Aldrin:**

- طيّار أمريكى مقاتل برتبة مقدم، ومتقاعد حاليًا، كان من بين مجموعات هيئة ناسا المختارة لمهام فضائية، حيث شارك فى أبوللو ١١ وجيمينى ١٢، وقضى خلالهما فى الفضاء ١٢ يومًا وساعة، و ٥٢ دقيقة.

- تدرج فى مناصبه القتالية فى عدة مجالات أبرزها المدفعية الجوية، كما شارك كطيار مقاتل فى الحرب الكورية، ثم حصل على دكتوراه العلوم من معهد ماساشوستس **Massachusetts** للتقنية عن رسالة بعنوان «تقنية توجيه خط الرؤية فى الرحلات البشرية المدارية» « **Lin-of-sight quidance techniques for manned orbital rendezvous**».

- ومما يشار إليه أنه من أتباع الكنيسة المشيخية البروتستانتينية، ويعرف بتعليقاته الدينية التى أطلقها من فوق سطح القمر.

- بعد استقالته من طيران الفضاء عاد لموقعه بالقوات الجوية، إلا أنه اصطدم بعدة مشاكل شخصية، وتُظهر سيرة حياته معاناته من الاكتئاب والإدمان الكحولى، إلى أن تزوج فانصلحت أموره وأصبح شغوفًا بالكشوف الفضائية، حتى إنه ابتكر لعبة فضائية كمبيوترية حملت اسمه، كما لعب دورًا تمثيليًا فى الفيلم التليفزيونى «أبوللو ١١»، فضلاً عن عدة أعمال فنية أخرى، وثمة فوهة صغيرة بالقرب من مهبط أبوللو ١١ على سطح القمر تحمل اسمه كنوع من التشريف.

- **براندون كارتر (١٩٤٢-٠٠٠) Brandon Carter:**

- فيزيائى نظرى أسترالى، يُعرف بأعماله المتعلقة بخواص الثقوب السوداء، ولكونه أول من وظف المبدأ الأنثروبولوجى بشكله المعاصر، والأرض فى بواكيرها، والنظرية النسبية العامة، ويقوم حاليًا بتدريس الرياضيات والعلوم الفلكية بجامعة الملكة مارى بلندن **(QMUL)**.

- شارك بمساهمات مهمة للعصر الذهبى للنسبية العامة. وعثر على الحل الصحيح للمعادلة الجيوديسية **geodesic equation**، وكذا الحل الصحيح للفراغ الكهربى **Electrovacuum** المسمى باسم **Kerr/Newman** وأقصى تمديد أو توسع لتحليل هذا الحل، وخلال ذلك اكتشف الثابت الرابع للحركة، والكمية الممتدة المسماة **Killing-Yano**.

- وبالمشاركة مع ستيفن هوكنج وفيرنــر إســرائيل Verner Israel أثبــت النظرية الخاصة بـــ No-hair فى النسبية العامة، موضحًا أن كل محطات أو مواضع الثقوب السوداء غير المتماثلة تتسم كلية بالكتلة والشحنة والقوة الدافعة الزاوية.

- وحديثًا (٢٠٠٥) وبالمشاركة مع شاشـــو Chachoua وشَــاميل chamel شكلوا معًا نظرية عن الانهيار المرن elastic فى النجوم النيترونية.

- كان من بين الحاصلين على منحة من مؤسسة جون تمبلتون مـــن أجــل مشروع حمل اسم «الفيزياء الأساسية ومشكلة الوجود"، وأصـــبح ناشـــرًا لكتاب يقوم على سلسلة مؤتمرات مولتها المؤسسة المشار إليها بعنـــوان: «كون واحد أم أكوان متعددة؟».

- **بروميثيوس Prometheus:**

- وتعنى فـــى اللغـــة الإغريقيـــة القديمـــة حرفيًـــا: المتـــروِّى أو النـــاظر للعواقب، وهو اسم واحـــد مـــن التيتـــانيين titan مـــن عبـــاقرة المكـــر (ظهرت القصة الأســـطورة فـــى عـــصر الـــشاعر هيزيـــود Hesiod)، والذى تمكـــن مـــن ســـرقة النـــار مـــن كبيـــر الآلهـــة زيـــوس Zeus وإعطائها للبشر الفانين لاستخدامها فى حياتهم، وقـــد تعاملـــت مـــصادر كثيرة مع الأســـطورة، إمـــا لمـــدح بروميثيـــوس أو لومـــه علـــى دوره المحورى فى تاريخ البشر المبكر.

- وتستطرد الأسطورة فى تفاصيل كثيرة تنتهى بغضب زيوس الحاكم العادل للعالم وبقضائه على بروميثيوس، بأن يربط بسلسلة مع حجر ضخم يرفعه معه إلى قمة جبل فيتدحرج الحجر به إلى السفح فيعود فيرفعه إلى القمـــة، ولكنه يتدحرج ثانية ويتكرر الأمر إلى الأبد.

- وترمز الأسطورة – فى استخدامها الحالى – إلى الأعمال المتكررة التى لا نهاية لها ولا فائدة ترجى منها، أو الأعمال المملة المضجرة ونحوها.

- **برسيفال لورنس لويل (١٨٥٥-١٩١٦) Percival Lowrence Lowell:**

- رجل أعمال أمريكى ومؤلف ورياضى وفلكى، حيث دعم فكرة وجود قنوات على سطح المريخ، وهو أيضًا منشئ مرصد لويل بأريزونا، وشكل بدوره الفلكى بداية للمجهودات التى أدت لاكتشاف كوكب بلوتو (كوكب أفلوطين، والذى يعد أبعد الكواكب السيارة عن الشمس) بعد ١٤ عامًا من مماته وهو الكوكب الذى حمل جزئيًا نوعًا من التشريف له باستخدام الحروف الأولى من اسمه "PL".

- كان شقيقًا لرئيس جامعة هارفارد (والتى تخرج هو فيها بدرجة التميز فى الرياضيات)، كما أن له شقيقة تعمل شاعرة تصويرية وناقدة وناشرة، كما أُبتعث فى مهام قنصلية للولايات المتحدة فى كوريا، وقضى أوقاتًا عدة فى اليابان، مؤلفًا، يكتب عن ديانات وسلوكيات اليابانيين من حيث لغتهم وطقوسهم واقتصادياتهم وما إليه، ومن أبرز هذه الكتب وآخرها الذى حمل عنوان «روح الشرق الأقصى» عام ١٨٨٨.

- وبدءًا من شتاء عام ١٨٩٣ استخدم ثروته ونفوذه للتفرغ للعمل الفلكى بعد قراءته كتابًا شهيرًا عن كوكب المريخ، وكذا اهتمامه بفكرة العالم الإيطالى جيوفانى شياباريللى عن اعتقاده بوجود قنوات على المريخ، وقد قضى فى العمل الفلكى الـــ ٢٣ عامًا الأخيرة من عمره.

- انتقل إلى أريزونا، وبالذات لمنطقة تعلو على سطح البحر بأكثر من ٧٠٠٠ قدم، باعتبارها موقعًا متميزًا للملاحظة الفلكية، حيث قضى ١٥ عامًا فى الدراسة المكثفة والشاملة للمريخ، ومنتجًا لرسوم معقدة لسطحه كما فهمها هو، والتى ضمنها كتبه «المريخ وقنواته» عام ١٩٠٦

و«المريخ كمقر للحياة» عام ١٩٠٨، محرضًا بذلك على الفكرة المستمرة منذ وقت طويل من أن المريخ كان عليه ذات مرة نوع من الحياة الذكية.

- جاءت أكثر مساهماته فى دراسة الكواكب فى السنوات الثمانى الأخيرة التى وهبها للبحث عما يعرف بالكوكب **X**، والذى كان المفترض أن يقع بعد الكوكب نبتون **Neptune** (إله البحر عند الإغريق، والذى يعد الثامن من حيث البعد عن الشمس) والسابق الإشارة إليه فى فقرة سابقة.

- **تشارلز داروِن (١٨٠٩-١٨٨٢) Chareles Robert Darwin:**

- عالم إنجليزى طبيعى أدى مفهومه عن التطور من خلال الانتخاب الطبيعى البيولوجى إلى نوع من الثورة العلمية، حيث أعلن أن الصراع من أجل البقاء موجود فى كل مكان، والأنواع المفضلة هى التى تبقى، بينما تنقرض الأنواع غير المفضلة، وأن ذلك هو آلية الطبيعة فى ظهور أجيال جديدة (فالحيوان صاحب القرن الأطول أو الريش الألمع لديه فرصة أقوى للبقاء عن تلك الأقل تنافسية)، وهى الفكرة التى قوبلت بالرضا النسبى، وأَفادت علوم التشريح والأجنة والأحاثة (شكل الحياة فى العصور الجيولوجية كما تتمثل فى المتحجرات وغيرها). كما كانت له نظرية حول التشكلات العظمية على الحيود البحرية.

- استغرق عمله حول «أصل الأنواع» ٢٠ عامًا، وهو ما ظهر فى مؤلفه الرئيسى بنفس العنوان عام ١٨٥٩، والذى أعيد طبعه ست طبعات حتى عام ١٨٧٢ بما يفيد القبول الواسع له فيما عدا اعتّراض بعض الثيولوجيين لما تضمنه من اختلاف عن التأويل الوارد فى الكتاب المقدس، وخلو نظريته تمامًا من عملية الخلق، واعتبار الحياة تتصرف كما فى الفيزياء. (الكتاب له ترجمتان – فى حدود معلوماتى – عربية ومصرية كما يلزم التنويه إلى كتاب اشتمل على كل ما لحق بالنظرية من إصلاحات وتطورات وكل ما وُجه إليها من انتقادات وذلك ضمن سلسلة القراءة للجميع).

- له أيضًا عدة مؤلفات تجرى على نفس منوال الكتاب الأصلى وغيرها، تضمنت ظواهر أخرى كالتصنيف العلمى للنباتات والحيوانات إلى طوالف ورتب وأجناس وأنواع.

- **تشارلز لايل (١٧٩٧-١٨٧٥) Charles Lyell:**

- محام إسكتلندى وجيولوجى ومشايع لنظرية التشكل الأحادى أو الاتساقى **uniformitarianism** (مصطلح يتعلق بالجيولوجيا «علم طبقات الأرض»، ويعنى أن الأرض يطرد تطورها تدريجيًا عبر آماد طويلة بالضبط كما يحدث لها الآن).

- بعد تخرجه كمحام فى أكسفورد وعمله لفترة، اتجهت مشاعره لامتهان الجيولوجيا بجدبه، دارسًا لها فى البداية تحت مظلة العالم الطبيعى ويليام لوكلاند، وهى الفترة التى بشرت بمستقبل طويل فى هذا المجال، وأثمرت قبولاً واسعًا لأفكاره التى قامت بشكل أساسى على «التشكل الأحادى» الذى كان قد اقترحه قبله بعدة عقود قليلة جيمس هوتون **James Hutton**.

- ألف كتابين عن رحلاته الجيولوجية أحدهما بعنوان: «رحلات لشمال أمريكا وكندا» عام ١٨٤٥ والآخر «زيارة ثانية للولايات المتحدة» عام ١٨٤٩، وكان من أول المتبرعين لإعادة قيام مكتبة شيكاجو العامة بعد حريق شيكاجو الكبير، والذى ضاعت فيه مكتبتها العامة.

- ثمة إحدى الفوهات على المريخ سميت باسمه تشريفًا له، وأيضًا جبل فى غرب تسمانيا يحمل اسمه، بالإضافة لمنطقة مناجم مربحة بأستراليا.

- من الجدير بالذكر أن أشهر كتبه هو أول كتاب قام بتأليفه بعنوان: «مبادئ الجيولوجيا» **Principles of Geology** والذى نشره ما بين عامى ١٨٣٠و١٨٣٣ فى ثلاثة مجلدات، والذى أبرز مكانته الفعلية كمنظر جيولوجى مهم والذى أعاد من خلاله تقديم نظرية «التشكل الأحادى أو

الاتساقى»، وكانت الفكرة المركزية فى الكتاب كله أن «الحاضر هو مفتاح الماضى» لأن بقايا الظواهر الجيولوجية من الماضى البعيد يمكن ويجب أن تفسّر من خلال الرجوع إلى العمليات الجيولوجية التى تجرى الآن.

- وقد وافته المنية وهو فى مرحلة مراجعة الطبعة الثانية عشرة لهذا الكتاب، والذى كانت كل طبعة منه فرصة لمؤلفه لوضع لمسات جديدة مما يعثر عليه ويكتشفه من مواد جديدة وبعض الأدلة، مما أضاف لقيمة الكتاب ووسع من انتشاره سواء بين العامة أو فى الأوساط العلمية.

- **توماس روبرت سيش Thomas Robert Cech:**

- مولود فى شيكاجو عام ١٩٤٧.
- عالم أمريكى حاصل على جائزة نوبل فى الكيمياء هو وآخر عام ١٩٨٩، وحاصل على الدكتوراه من جامعة كاليفورنيا عام ١٩٧٥ وكانت أول وظيفة جامعية له في جامعة كلورادو، حيث قام بتدريس الكيمياء والبيوكيمياء، وفى عام ٢٠٠٠ رأس معهد هوارد هوجز الطبى فى ميريلاند، كما انضم عام ٢٠٠٦ لجامعة هارفارد.
- كما انتخب عام ١٩٨٧ للأكاديمية الأمريكية الوطنية للعلوم، وفى العام الذى يليه تم انتخابه للأكاديمية الأمريكية للعلوم والفنون.
- حصل على عديد من الجوائز الأمريكية والهولندية فى مجال تخصصه.

- **توماس جولد (١٩٢٠-٢٠٠٤) Thomas Gold:**

- عالم نمساوى تخصص فى الفيزياء الفلكية، وأستاذ للفلك بجامعة كورنيل، وعضو الأكاديمية الأمريكية للعلوم، كما كان من بين ثلاثة من علماء كامبريدج الشبان الذين فى خمسينيات القرن الماضى اقترحوا نظرية «الكون الثابت» وهى الفرضية التى تم هجرها حاليًّا، وتدور أعماله فى

حدود الفيزياء العضوية والفيزياء الفلكية، وهندسة الفضاء، والفيزياء الأرضية.

- ظل ساكنًا طوال الحرب العالمية الثانية وهى الفترة التى تعرف فيها إلى هيرمان بوندى، وبمجرد تحرره من صفة العدو الأجنبى عمل معه ومع فريد هويل اللذين معًا تمكنوا من هدم دوجما الأعمال القديمة عن طبيعة الكون من خلال نظرياتهم المتحررة، وفى عام ١٩٥٩ واتته فرصة إقامة وحدة نظامية لدراسة فيزياء الإشعاعات وأبحاث الفضاء بجامعة كورنيل، والتى رأس فيها الإدارة الفلكية وهى الجامعة التى ظل بها حتى منيته.

- كان هو الذى صك تعبير «مجال جاذبية الأرض»، كما اقترح مع بوندى نظرية الكون الثابت، واستطاع مع هويل أن يعرفا النجوم النوابض أو النابضة على أنها أجسام تتعاقب بسرعة مع النجوم النيوترينية من خلال حقول، ويعد ذلك تفسيرًا صحيحًا.

- قدم وأشاع فكرة أن طبقة ثقيلة من الغبار لا بد أنها تغطى أجزاء كثيرة من سطح القمر وهى الفكرة التى دعمت التصميم الصحيح لهبوط مسابر القمر فى الرحلات الفضائية القمرية، إلا أن تحذيراته كانت زائدة على الحد لتقديره المغالى فيه عن أن التمدد الدورى الحرارى وتفاعلاته لا بد أنها تدمر وتسحق صخور السطح القمرى، ومع ذلك كانت بصيرته قوية فى اقتراحاته العامة عن الكتلة المعدنية المتكونة تحت الخبث القمرى.

- **توماس هـ. چوكز (١٩٠٦-١٩٩٩) Thomas H. Jukes:**

- بيولوجى إنجليزى – أمريكى معروف فى مجالات التغذية، وتطور الجزيئات، وانخراطه فى الموضوعات العلمية المثيرة للجدل مثل ما تتعلق بالـ: ددت **DDT**، وفيتامين **.C** وخلق العالم **creationism**.

- شارك فى كتابة المقال المعنون: «التطور اللا داروينى» والذى نشر عام ١٩٦٩ فى مجلة «العلوم» وهى الفكرة التى صارت أصلاً لظهور (هى وغيرها بالطبع) النظرية المحايدة للتطور الجزيئى.

- ساعد فى تحديد العلاقات بين عناصر فيتامين **B. Complex** من خلال تجارب على الدجاج، ثم بعد ذلك فى اكتشاف أن حامض الفوليك هو فيتامين، وكذا أن تغذية الدواجن والدواب بجرعات مستمرة من المضادات الحيوية يَحثّ عملية نموهم، وهو الأمر الذى أصبح معروفًا جيدًا فى صناعة اللحوم.

- اقترح عام ١٩٦٩ مع زميله جاك كينج أن تطور البروتين قد تحدد من خلال دورة جينية فى التغيار الإحيائى، والذى لم يكن مفيدًا ولا ضارًا.

- انخرط بشدة خلال ستينيات القرن الماضى فى جدليات علمية شديدة.

- وبين عامى ١٩٧٥ و١٩٨٠ كان من بين قلة من العلماء لهما عمود دائم فى مجلة «الطبيعة»، والذى خصصه لشجب ما سَمّاه العلم الزائف أو الكاذب والذى عَبّر عنه بأن لديه شكوكًا قوية فى أن الكلمة المطلقة أو غير المقيدة لمفهوم «حقيقة» أو معنى «حقيقى» غالبًا ما يساء استعمالها عبر المبالغة والتضخيم.

- كان ناقدًا بارزًا للدعاوى القائلة بفوائد الجرعات الكبيرة من فيتامين C كما تكرر نقده لدعاوى غذائية أخرى ومعالجات تقوم على نوع العلاج المثلى (إعطاء مريض جرعات معينة لو أعطيت لشخص سليم لعانى من نفس أعراض المرض المُعالج)، وكذا بعض أدوية مرض السرطان.

- لقى حتفه بعد معاناة لذات الرئة.

- **تيتوس لوكريتيس كاروس Titus Lucretius Carus:**

- (من ٩٩ قبل الميلاد إلى ٥٥ قبل الميلاد) وإن كان هناك جدل كبير وتضارب حول صحة ودقة التاريخين، مولدًا ووفاة.

- شاعر رومانى معروف فقط بعمله الملحمى الشعرى الفلسفى بعنوان: «حول طبيعة الأشياء» **Epicureanism De Rerum Natura** أو **"On the Nature of Things"**.

- أصيب بالجنون بعد جرعة دواء للحب، وفى أوقات إفاقته كتب بعض الكتب (والتى لم يُعثر على آثارها إلا عبر إشارات مؤلفين آخرين كما قصيدته – المشار إليها) وبعدها وعند بلوغه سن الـ ٤٤ انتحر، منهيًا بذلك حياته القصيرة.

- **چاك مونود (١٩١٠-١٩٧٦) Jacques (Lucien) Monod:**

- بيوكيميائى فرنسى، عمل كثيرًا فى شرح الطريقة التى تنظم بها الجينات عملية الأيض (التمثيل الغذائى) بتوجيه التخليق الحيوى للإنزيمات وحصل مع فرنسوا جاكوب وأندريه لوف عام ١٩٦٥ على جائزة نوبل فى الفسيولوجى.

- تلخص اقتراح ثلاثتهم، والذى كان وراء الجائزة، فى وجود شريط الرنا الذى تقام الدنا على قاعدته، والذى يحمل المعلومات المشفرة فوق القاعدة المركبة من الإنزيم البروتينى (المادة الحافزة البيولوجية).

- شرح وجهة نظره فى كتابه «المصادفة والضرورة» (عبارة عن مقالات مطولة) والقائلة بأن أصل الحياة وعمليات التطور كليهما وليد المصادفة.

- چان أورت (١٩٠٠-١٩٩٢) Jan Hendrik Oort:

- فلكى هولندى له شهرة عالمية يعرف بتنبيهه للأشعة الكونية، كما تحمل سحابة «أورت» اسمه، تشريفًا له.

- حصل على الدكتوراه عن أطروحته المعنونة: «النجوم التى تصل سرعتها لسرعة الضوء»، وفى عام ١٩٢٧ أنشأ نظرية تقول بأن المجرة اللبنية تدور حول محور، وذلك من خلال تحليله حركة النجوم.

- كان مسحورًا بالأشعة الكونية، وبعد الحرب العالمية الثانية أصبح رائدًا فى مجال جديد سمى بالفلك الإشعاعى **radio astronomy**، وكان يعتمد فى عمله على رادار قديم استعاره من ألمانيا، وفى ١٩٥٠ نجح فى جمع أموال لتلسكوب أكبر للبحث عن مركز المجرة اللبنية، وبعدها فى العام ١٩٧٠ تم بناء واحد أكبر منه يشتمل على اثنى عشر تليسكوبًا صغيرًا بالقرب من التلسكوب القديم وهو ما كان قد إقترحه من قبل، ولكن تمت تجربته لأول مرة بمعرفة آخرين فى كامبريدج.

- دعواه بأن المذنبات لها أصل واحد والتى أطلقها عام ١٩٥٠، والذى حدده بالسحابة التى تحمل اسمه، تمت البرهنة فيما بعد على صحتها، كما ذكر أن الضوء الصادر عن سديمية السرطان **Crab nebula** هو مجرد ضوء مستقطب من مصادر أخرى كانبعاثات، والموصوفة بالسنكروتونية.

- من مكتشفاته أيضًا الهالة المحيطة بالمجرة، والتى تدور معها ولكن خارجها، وفى عام ١٩٢٧ حسب أن مركز المجرة يبعد عن الأرض بمقدار ٥,٩٠٠ فرسخ نجمى (١٩,٢٠٠ سنة ضوئية) فى اتجاه التجمع النجمى المعروف باسم **Sagittarius**، كما اقترح بأن حجم المجرة ككل يعادل مائة بليون من حجم الشمس.

- **چاك كورليس Jack Corliss:**

- وهو عالم يعمل فى مجالات الجيولوجيا وظواهر المحيطات وميدان أصل الحياة، حيث حصل على إجازة الدكتوراه من معهـد الأوقيانوسـات فـى ستينيات القرن الماضى، والتى من بين أجزائها دراسة عن تحليل عينات مـن الصخور البازلتية من الحافة الوسـطى للأطلنطـى **Mid-Atlantic Ridge**، والتى أبرزت أدلة على دوران مائى يشير إلى وجود ينابيع حـارة تحـت الماء عرفت بالفتحات أو الفوهات المتطرفة الحرارة.

- وبعدها بسنوات قليلة ذهب هو وريتشارد فون هيرزن وروبرت بالارد فى مركبة تعمل تحت الماء بقيادة جاك كونللى، حيث تأكدوا من هذه الفوهات لأول مرة ومن المجتمع الحيوى الذى يعيش فى ظل هذه الحرارة كالديدان الأنبوبية العملاقة وأسماك من نوع «البطليموس» (حيوان من الرخويات)، وبعض نوعيات الجمبرى وغيرها، وكان ذلك عام ١٩٩٧.

- وترك هذا الكشف أثرًا على تحويل دفة أبحاثه من المجـال الجيولـوجى الكيميائى إلى محاولة العثور على «أصل الحياة»، مفترضًا أنها بدأت فـى تلك الفوهات بأعماق البحر، ونشر مع چون بارو وسارة هوفمـان، بحثًـا بهذا المعنى، وفى عام ١٩٨٨ انضم لمركز حوسبى متقدم فى وكالة ناسـا لمتابعة نظم ثورية جديدة، خاصة بما يعرف بالنماذج الخلوية الأوتوماتيكية (المخلقة كمبيوتريا).

- **چاك فارمر Jack Farmer:**

- جيولوجى أمريكى حاصل على الدكتوراه فى هذا المجال، وبعدها أصـبح محاضرًا فى العلم المتحفى، وباحثًا فى مجال جيولوجيا البتـرول وعلـوم الفضاء فى أوكلا **UCLA**.

- انضم لوكالة ناسا كباحث عام ١٩٩١ فى قسم الجيولوجيا الخارجية، ثم فى

عام ١٩٩٨ قبل منصبا جامعيًا بجامعة ولاية أريزونا وفورها شارك في تمويل برنامج ناسا للبيولوجيا الفلكية.

- تتركز اهتماماته في التطور الباكر للمجال الحيوى والميكروبية وعلوم الثقالة أو الرسابة العضوية **biosedimentology** في الينابيع الحرارية وغيرها من البيئات المتطرفة، وكذا في الاستراتيجيات المتعلقة باكتشاف المريخ والأجسام الأخرى في النظام الشمسي قديمًا وحديثًا.

- ولكل هذا، أصبح من المبرزين في مجال البيولوجيا الفلكية حتى إنه يعد من الذين تقبل شهادتهم واستشاراتهم لدى الكونجرس ووكالة ناسا، فيما يتعلق بالرحلات الاستكشافية ونتائجها وكل ما يتعلق بالمجال، كما أنه عضو بارز لكل المؤسسات الاتحادية الأمريكية الخاصة بهذه الأمور، وأيضًا له عضوية بالجمعية الأمريكية الهندية للعلوم والهندسة.

- **ج.ب.س. هالدين (١٨٩٢-١٩٦٤) J.B.S. Haldane:**

- واسمه بالكامل چون بوردن ساندرسون هالدين " **John Burdon Sanderson Haldane**" وكان ينادى باسم چاك **Jack** ولكنه استخدم الحروف الأولى من اسمه في أعماله المنشورة.

- عالم وراثة بريطاني وبيولوجي تطوري وكان مؤسسًا مع رونالدفيشر وصامويل رايت علم الوراثة العام، كما اشترك مع القوات الفرنسية في الحرب العالمية الأولى من ١٩١٥ إلى ١٩١٩.

- وبعد الحرب من ١٩١٩ إلى ١٩٢٧، قضاها في أكسفورد عاملاً على الإنزيمات وعلم الوراثة، وكتب عدة مقالات علمية تم تجميعها في مجلد بعنوان: «العوالم الممكنة»، ثم انتقل إلى جامعة لندن، حيث قضى معظم حياته العلمية، وفي عام ١٩٢٣ تنبأ بما يعرف بـ «باستنزاف النجم"، وكانت هذه بادرة أولى لاستخدام شبكة من المحولات الهيدروجينية كمصدر للطاقة المتجددة في عالم الاقتصاد.

- فى ١٩٢٥، ومشاركًا مع جى إى بريجز G.E. Briggs استخلصا تـأويلاً لقانون تأثير القوة فى حركة الإنزيمات الذى وصفه فيكتور هنـرى فـى ١٩٠٣، ومخالفًا لمعادلة ميشيل – مينتين اللذين كانا قد افترضا أن الإنزيم (كمُحفِّز أو مثير) والمادة المتخمرة (كمفاعل) هما فى حالة تـوازن مـع تعقيدهما حيث يتفككان لإحداث منتج هو الإنزيم الحر، ولكن اسـتخلاص بريجز – هالدين، وإن كان فى ذات الشكل الجبرى (نسبة لعلم الجبر)، إلا أنه اعتمد على حالة الثبات وعلى هذا اختلفا عن سابقيهما، وتقوم معظـم النماذج البحثية على هذا المنحى الأخير.

- كما يعتبر هالدين ثالث ثلاثة من حيث الأهمية فى علم الوراثة العامة بعـد فيشر وصامويل رايت، ومساهمته فى ذلك تركزت فى سلسلة أبحاث عـن النظرية الرياضية فى الاختيار الطبيعى والاصطناعى، وأُعتبرت أهم مـا ورد فى هذه النظرية، والتى عالج فيها لأول مرة حالات بالغة الأهميـة، مبرزًا اتجاهات ومستويات التغير وتواتره فى الجينات، كما بحث فيهـا – وبشكل اعتبر من قبيل الريادة – تفاعلات الاختيار الطبيعى فى عمليـات التحول الإحيائى وفى حالات النزوح.

- وفى كتابه المعنون: «أسباب التطور» (عام ١٩٣٢) لخـص مـا أصـبح يعرف بـ: «التطور التركيبى الحـديث»، ومـدعمًا فكـرة أن الاختيـار الطبيعى هو الآلية الأولى للتطور وذلك من خلال مـصطلحات رياضـية لعلم الوراثة، كما وضعه «مندل».

- وبالإضافة لمساهماته فى علوم الوراثة والأحياء فقد جاءت مقالتـه بعنـوان: «أن تصبح بالحجم الصحيح» لتكرس ما اعتبره البعض مبدأ هالدين والمتمثـل فى أن حجم جسم الكائن الحى هو الذى يحـدد مـاهى أدوات الجـسم التـى يحتاجها الكائن.

- كان تجريبيًا هائلاً حتى إنه كان يتعرّض للمخاطر الحقيقية للحصول على المعلومات، وكذا كان من بين أشهر من بَسّطوا العلم للجمهور، وفي النهاية فقد أوصى قبل موته بالتبرع بجسده بالكامل للأبحاث العلمية.

- **جراهام كيرنز – سميث (١٩٣١-٠٠٠٠) Graham Carins-Smith:**

- كيميائى عضوى وبيولوجي جزيئات بجامعة جلاسجو **Glasgow** بأسكتلندا وتتركز شهرته فى كتابه الذى أثار جدلاً واسعًا عند نشره عام ١٩٨٥ بعنوان «سبعة مفاتيح لأصل الحياة» **Seven Clues to the Orgin of Life**، والذى أوضح فيه نظرية، كان قد عكف على تطويرها منذ أواسط ستينيات القرن الماضى، مؤداها أن خطوة وسيطة بين حالة المادة الساكنة المعلقة والحياة العضوية، ربما تمثل التنظيم الذاتى لبللورات الوحل خلال انحلالها.

- كما نشر عام ١٩٩٦ كتابًا بعنوان: «نشوء أو انبعاث العقل» **Evolving the Mind**، ويدور حول نشوء الوعى، مشيرًا إلى تفضيله ميكانيكا الكم فى التفكير البشرى، وهو الكتاب الذى نال كثيرًا من الاحترام، ولكنه كان محل مجادلة من قبل الفيلسوف دانيل دينيت **Daniel Dennett**.

- وبالنسبة لنظريته فى «الوحل»، فيمكن تلخيصها فى الآتى: يتكون الوحل من انحلال السيليكات، الذى يتقطع، فينمو الوحل أكثر، وتتشكل كتل كبيرة من البللورات لها مظهر خارجى معين، ربما تحدث تأثيرًا فى البيئة الذى بدوره يؤثر على فرصتها فى التكاثر، وعلى سبيل المثال، فإن الوحل الأكثر غلظة ينشئ بيئة محفزة لمزيد من الرسوبية عن طريق تكوين ما يمكن تسميته مرتبة «الغرين». ومن المفهوم أن مثل هذه التأثيرات يمكن أن تمتد لتنشئ مسطحات معرضة للهواء لتجف وتتحول إلى غبار (تراب)، الذى يسقط فى حال من العشوائية فى مجريات أخرى. وهكذا من

خلال عمليات فيزيائية غير عضوية، ربما توجد بيئة انتقائية لإعادة إنتاج وتكاثر بللورات الوحل فى أشكال أكثر غلظة. وبعد ذلك تجىء عملية الاختيار الطبيعى لبللورات الوحل التى تقبض على أشكال من الجزيئات على سطوحها (وهى التى تهيئ لمزيد من تكاثرها الكامن فيها بالقوة) ويمكن هنا لجزيئات سابقة زمنيًا على الجزيئات العضوية أن تُستَحث من خواص سطوح السليكات، والخطوة الأخيرة تتمثل فى أنه بعد ذلك الوضع البدائى المعقد تأخذ الجزيئات على عاتقها نقلة وراثية عبر «عربة» الوحل تلك لتصبح موضعًا مستقلاً للتكاثر، وهى بالطبع لحظة تطورية، ربما يمكن فهمها على أنها مرحلة أولى من التهويم أو اللا استقرار.

- ورغم تكرر حدوث هذا كنموذج على نوع العملية التى ربما تكون قد وقعت فى المرحلة السابقة على الدنا، فإن نظرية التولد التلقائى عبر الوحل أو قل «الطمى» لم تحظ بقبول واسع.

- **جريجورى شيتان (١٩٤٧-٠٠٠) Gregory Chaitin:**

- رياضى أرچنتينى ومتخصص فى علوم الكمبيوتر، ساهم فى نظرية معلومات العد العربى أو العشرى، خاصة النظرية الجديدة للا اكتمال الشبيهة بجدول أو قائمة فى اللا اكتمالية، وأكمل نظريته وهو لم يبلغ بعد العشرين من عمره، وعرف ما يسمى «ثابت شيتان Ω» وهو رقم حقيقى تتوزع مفرداته بشكل متساو، والذى يوصف رسميًا بأنه يعطى تفسيرًا لاحتمالية توقف برنامج عشوائى. وهذا الثابت يمثل خاصية معرفة ولكن غير قابلة للحوسبة. ويعتبر عمله المبكر فى نظرية المعلومات الحسابية متوازيًا مع أعمال كلموجوروف.

- كتب شيتان أيضًا فى الفلسفة، خاصة فى الميتافيزيقا وفلسفة الرياضة وبشكل خاص، فيما يتعلق بالمسائل ذات الطبيعة المعرفية فى الرياضيات،

وادعى أن نظرية المعرفة الحسابية هى مفتاح حل المشاكل فى مجال البيولوجيا وعلم الأعصاب (مشكلة الوعى ودراسة العقل).

- وفى كتاباته المتأخرة دافع عن وضع يعرف بالفلسفة العددية العشرية، وفى نظرية المعرفة الحسابية ادعى أن ما عثر عليه فى المنطق الرياضى وفى «النظرية نفسها» هو حقائق رياضية حقيقية من دون سبب، أى حقيقية بالمصادفة، وبالتالى هى حقائق «رياضية عشوائية» – حسب ما كتب هو نفسه – مقترحًا أن على الرياضيين أن يهجروا أى أمل فى إثبات هذه الحقائق الرياضية، وفقط عليهم أن يتنبأوا بها فيما يشبه المنهجية التجريبية.

- ويعتبر شيتان مؤصل استخدام الرسم البيانى الملون لتسجيل العمليات التركيبية وهو ما يعرف بحساب شيتان.

- من بين مؤلفاته: «نظرية المعلومات الحسابية» عام ١٩٨٧، و«المعلومات والعشوائية واللا اكتمالية» عام ١٩٨٧ أيضًا، و«المعلومات النظرية غير المكتملة» عام ١٩٩٢، وحدود الرياضيات» عام ١٩٩٨ و«غير المعروف» عام ١٩٩٩، و«استكشاف العشوائية» عام ٢٠٠١، و«حديث مع رياضى» عام ٢٠٠٢، و«من الفلسفة إلى حجم النموذج» عام ٢٠٠٣، و«ما وراء الرياضيات: بحث فى النهايات» عام ٢٠٠٥.

- **جوستاف أرهينيوس Gustaf Arrhenius:**

- حاصل على الدكتوراه من جامعة ستوكهولم عام ١٩٥٣، شارك فى رحلات الأبحاث لأعماق بحر السويد وغيرها من الرحلات البحثية، ويعمل من ثم، أستاذًا لعلوم المحيطات والأوقيانوسات **oceanography** وأستاذًا زائرًا فى معهد كاليفورنيا للتقنية فى أعوام ٥٢-١٩٥٦ ومعهد الأرصاد الجوية **meteorology** بجامعة ستوكهولم عامى ٥٦، ١٩٥٧

وبجامعة هارفارد الأمريكية عام ١٩٦٥، كما خدم مع فريق تخطيط الأبحاث القمرية بوكالة ناسا أعوام ٧٠-١٩٧٢، وكذا جماعة البحث الخاصة بالمذنبات والكويكبات والكشف عنها أعوام ٧٣-١٩٧٥.

- اهتمت أبحاثه بالترسبات المحيطية وكيمياء الكريستال من العناصر الطبيعية والتركيبية، والكيمياء الكونية والقبل بيولوجية، والترسبات الباكرة، التى تمثل سجلاً للحياة على الأرض وعلى المريخ.

- طبع أكثر من ١٥٠ بحثًا وكتابًا فى تلك المجالات، كما تلقى العديد من الجوائز العلمية من الولايات المتحدة والسويد - كما انتخب عضوًا فى الجمعية الأمريكية للعلوم المتقدمة، وكذا الجمعية التعدينية، وأيضًا الجمعية الجيولوجية بالهند، وعضوًا بالأكاديمية الدولية (تفورشيستافا **Tvorchestava**) والأكاديمية الملكية للعلوم بالسويد، والأكاديمية الملكية للآداب والعلوم بجوتنبرج.

- **چورج جاموف (١٩٠٤-١٩٦٨) George Gamow:**

- روسى المولد باسم چورچى أنتونوفيتش جاموف، وهو فيزيائى نظرى ومتخصص فى علوم الكونيات، والذى اكتشف تضاؤل أشعة ألفا تدريجيًا، عبر الأنفاق الكمومية، وعمل كثيرًا على اضمحلال الإشباع فى الجزيئات الذرية، وتشكل النجوم والجزيئات البين نجمية، وتركيب الجزيئات فى الانفجار الكبير وتركيب الجزيئات الكونية بصفة عامة، وفى علوم الوراثة.

- بعد أن كان مستقرًا فى بواكير القرن العشرين على أن ثمة سمات محددة لمستويات الاضمحلال وما يعرف بأنصاف الحياة، وكذا كان مستقرًا على أن انبعاث الأشعة له طاقة معينة، استطاع جاموف أن يحل الأمر، مستخلصًا علاقة بين الجسيم ذى النصف حياة والطاقة اللازمة للانبعاث.

- نشر هو وتلميذه بحثًا بعنوان: «أصل العناصر الكيميائيـــة» "The Origin of Chemical Elements"، أوضحا فيه أن مستويات الهيدروجين والهيليوم (والمعتقد أنهما يمثلان ٩٩٪ من كل المادة في الكون)، يمكـــن تفـــسيرهما جيدًا بواسطة التفاعلات التي وقعت خلال الانفجار الكبير. وهو مـــا أمـــد نظرية الانفجار الكبير بدعم كبير، وإن لم تفسر ظهور عناصر أكثر ثقـــلاً من الهيليوم (وهو ما فسره فريد هويل فيما بعد).

- وفي البحث نفسه قدم تقريرًا لقوة ما هو متخلف من الموجات الميكرويـــة «microwave» في الخلفية الإشعاعية للكون (CMB)، حيث تنبأ بأنه بعد توهج واتقاد الانفجار الكبير ببلايين السنين، فقد تداعت للبـــرودة، مالئـــة الكون بإشعاعات مقدارها خمس درجات فوق الصفر المطلق.

- وفي بحث آخر له بمجلة الطبيعة Nature الإنجليزية عام ١٩٨٤ طور فيه معادلات عن كتلة وإشعاعات مجرة بدائية، (والتي تحتوي على مائة بليون نجم تعادل حجم الواحد منها كتلة الشمس)، وهو ما لـــم يبـــذل الفلكيـــون والعلماء جهدًا ملحوظًا في تعقب أشعة الخلفية الكونية، إما لنقص اهتمامهم بالأمر، أو لقلة الرشد في ملاحظتها.

- من مؤلفاته «مولد وموت الـــشمس» عـــام ١٩٤٠، و «الـــسيرة الذاتيـــة للأرض» عام ١٩٤١، و «واحد، اثنين، ثلاثة... اللا نهائية» عام ١٩٤٧، و «القمر» عام ١٩٥٣، و «رياضيات المتاهة» عام ١٩٥٨، و «الجاذبية» عام ١٩٦٢، و «كوكب اســـمه الأرض» عـــام ١٩٦٣، و «نجـــم اســـمه الشمس» عام ١٩٦٤.

- **جون ماينارد سميث (١٩٢٠-٢٠٠٤) John Maynard Smith:**

- عالم وراثة إنجليزي وبيولوجي تطوري، رغم أنه أصلاً كان متخصـــصًا في هندسة الطيران، إبان الحرب العالمية الثانيـــة، وبعـــدها درس علـــوم

الوراثة بإشراف هالدين، كما كان فاعلاً مهمًا فى تطبيق «نظرية الألعاب» فى مجال التطور، ومنظرًا أيضًا فى موضوعات أخرى مثل تطور الجنس ونظرية الإشارات.

- نشر كتابًا بعنوان «تطور الجنس» الذى أوضح فيه، وبمصطلحات رياضية، فكرة التكلفة الثنائية لمنحيات الجنس **"two-fold cost of sex"**.

- حصل على عديد من الجوائز العلمية، كما شرفوه بتخصيص جائزة علمية باسمه.

- من بين مؤلفاته: «أفكار رياضية فى البيولوجيا» عام ١٩٦٨، و«حول التطور» عام ١٩٧٢، و«نماذج من عالم البيئة» عام ١٩٧٤، و«تطور الجنس» عام ١٩٧٨، و«التطور الآن» عام ١٩٨١، و«التطور ونظرية الألعاب» عام ١٩٩٢، و«مشاكل البيولوجيا» عام ١٩٨٦، و«هل فعلها داروين بشكل صحيح؟: مقالات عن الألعاب، «الجنس والتطور» عام ١٩٨٨، و«الوراثة المتطورة» عام ١٩٨٩، و«الانتقالات الكبرى فى التطور» مشاركة مع آخرين عام ١٩٩٧، و«أصول الحياة: منذ ميلاد الحياة إلى أصل اللغة» مع آخر عام ١٩٩٩، ومع آخر أيضًا ألَّفا كتاب «إشارات الحيوانات» عام ٢٠٠٣.

- **چول فيرن (١٨٢٨–١٩٠٥) Jules Gabriel Verne:**

- روائى فرنسى تألقت شهرته بسبب روايات الخيال العلمى الباهرة التى أبدعها وطوّفت إلى آفاق عالمية، والذى كان من الرواد فيها مثل: «رحلة إلى مركز الأرض» و «٢٠ ألف فرسخ تحت الماء» و «حول العالم فى ٨٠ يومًا» والتى تحولت إلى أفلام سينمائية ذائعة الصيت، والتى حومت فى الفضاء وتحت الماء قبل ظهور الغواصات وسفن الفضاء، وهو بذلك يُعتبر ثالث من ترجمت أعمالهم إلى غير اللغة الأصلية فى العالم.

- بعد انتهاء دراسته فى «الليسيه» بدأ الحياة العملية ببعض الأعمال اليدوية وكتابة مقدمات بعض الأوبريتات، كما أنتج عددًا من حكايات الرحلات والمغامرات المسرفة فى تهورها، ولكن بمضمون يمكن أن يكون صحيحًا، وذلك لمسرح الأسرة بفرنسا، وعندما اكتشف والده أنه يعمل بالكتابة، عوضًا عن دراسة القانون قطع عنه النقود.

- تقابل ڤيرن مع ألكسندر ديماس الأب وڤيكتور هيجو، اللذين زوداه بنصائحهما فى الأدب، وكانت أولى رواياته مع الناشر الفرنسى الشهير بيير هيتزل بعنوان: «خمسة أسابيع فى بالون» وتوالت بعدها أعماله، والتى برزت بينها ما أشير إليه فى الصدر من هذا التعريف.

- وفى أيامه الأخيرة كتب رواية بعنوان: «باريس فى القرن العشرين» تخيل فيها شخصًا يعيش فى أغلب ما نراه الآن من تقدم وثورة فى الاتصالات والمعلوماتية، ولكنه يفشل فى العثور على السعادة وينتهى به الحال إلى موقف مأساوى، ورأى الناشر أنها مفرطة التشاؤم واقترح تأجيل نشرها، فأودعها المؤلف فى خزانة، ليكتشفها حفيده عام ١٩٨٩، وليتم نشرها عام ١٩٩٤ بعد وفاته بما يقرب من قرن من الزمان.

- **چون س. رايت John C. Wright:**

- مؤلف لروايات الخيال والخيال العلمى، وحاصل على جائزة نيبولا **Nebula** من أجل روايته المعنونة: «يتامى الهيولى» **"Orphans of Chaos"**، ثم بعدها أصدر رواية: «العصر الذهبى» **"The Golden Age"**.

- **چون باركز John H. Parkes:**

- خبير مفرقعات كان من المبرزين فى تحقيق واقعة سقوط طائرة بان آم ١٠٣ فوق لوكيربى بإسكتلندا فى ١٩٨٨/١٢/٢١.

- عارض وجهة النظر الرسمية فى الحادث، بأنه نجم عن كمية صغيرة من المفرقعات البلاستيكية تم وضعها مع الملابس فى إحدى الحقائب المحفوظة بإحدى حاويات الأمتعة بالطائرة.

- عوضًا عن ذلك ارتأى أن الذخائر غير المشروعة تلك والتى حُمِّلت على الطائرة إما تم تفجيرها عمدًا أو بالمصادفة عبر الترددات الإشعاعية وقد تمثل الادعاء بهذا المنظور أثناء المحاكمة الشهيرة التى أجريت عن الحادث.

- **چون جاكوب بيرزيليوس (١٧٧٩-١٨٤٨) Jöns Jakob Berzelius:**

- كيميائى سويدى، ابتدع تصنيفًا حديثًا للعناصر الكيميائية، والتى لم يزل معمول به حتى الآن، ولذا يعتبر مع كل من جون دالتون وأنطوان لاڤوازييه وروبرت بويل كآباء للكيمياء الحديثة.

- بعد قليل من تعيينه أستاذًا للكيمياء والصيدلة بمعهد كارولينسكا **Karolinska** عام ١٨٠٧ أدار تجارب لدعم كتاب جامعى أصدره لطلبته، اكتشف فيه قانون التجزىء الدائم، والذى أظهر أن العناصر غير الحية تحتوى على عوامل مختلفة فى حالة تجزيئية كاملة من حيث الوزن، وتأسيسًا على ذلك أنشأ قائمة من العناصر الكيميائية ضمت الأكسجين وجميع العناصر المعروفة آنذاك، وبأوزانها الذرية القائمة. وهى القائمة التى أضاءت، بل أضافت دليلاً جديدًا لصالح النظرية الذرية.

- ولدعم تلك التجارب أبدع أسلوبًا رمزيًا للتعامل مع المصطلحات الكيميائية مثل **O** للأكسجين، و **Fe** للحديد... إلخ، مزودًا تلك الرموز بأوزانها الذرية، وهو ما ظل يعمل به حتى اليوم - ومن ناحية أخرى انتحل مصطلحات مثل «المحفز» **catalysis** و «البلمرة» **Polymer** و «التآصل» **allotrope** وغيرها، وإن كانت تختلف حاليًا على نحو دراماتيكى عن مضامينها آنذاك.

- ومن مآثره أيضًا ما اتصل بالمجال البيولوجى بتمييزه بين المحتوى البيولوجى المتضمن للكربون وغيرها من محتوى العناصر غير الحية.

- **چون بويد دنلوب (١٨٤٠-١٩٢١) John Boyd Dunlop:**

- إسكتلندى ابتكر وأسس شركة إطارات المطاط والتى تحمل اسمه «إطارات دنلوب».

- كان قد تلقى علومًا ليصبح طبيبًا بيطريًا، وهى المهنة التى مارسها بعد تخرجه فى الجامعة لمدة عشر سنوات تقريبًا. انتقل بعدها إلى بلفاست فى إيرلندا عام ١٨٦٧.

- وفى عام ١٨٨٧ مارس عمليًا وضع إطار هوائى (أو قابل للنفخ) لدراجة ابنه، وحصل على براءة اختراع لها ولكنه أُخطر رسميًا بأن الفكرة غير صالحة، باعتبار أن مبتكرًا آخر كان قد قدم الفكرة ذاتها فى فرنسا عام ١٨٤٦، وفى الولايات المتحدة أيضًا بعدها بعام. ولأنه حمل معه فى مستقره الجديد خبرته البيطرية فقد تعيّش منها.

- واقع الأمر أن الإنتاج التجارى لشركته قبل العام ١٨٩٠ كان وافرًا، ومع ذلك لم يحقق ثروة حقيقية أثناء حياته.

- **چون هورتون كونواى John Horton Conway:**

- (ولد فى ديسمبر ١٩٣٧-٠٠٠).

- رياضى إنجليزى يعتبر من الناشطين فى مجال المجموعات الرياضية النهائية ونظرية التعقيد الرياضى، ونظرية الأعداد، ونظرية الألعاب، ونظرية التشفير، وهو أيضًا من دعاة إعادة إبداع الرياضيات، ويعرف بابتكاره «لعبة الحياة»، (والمتصلة بالنسيج الخلوى الأوتوماتيكى: **cellular automaton**).

- من بين الرياضيين الهواة يُعرف على مدى واسع بمساهماته في نظرية توحيد الألعاب، والتى طورها مع آخرين، وابتكر فكرة «التبرعم» أو النمو السريع، حيث طور تحاليل مطولة ومفصلة لكثير من الألعاب والمتاهات.

- كما ابتكر نظامًا جديدًا للأعداد والأرقام المتسلسلة التى تتصل عن قرب، وأيضًا ابتكر مصطلحات ورموزًا جديدة للأرقام المفرطة أو الفائقة العدد والتصنيف.

- وكما كان أول من ألف «أطلس المجموعات المنتهية» **Atlas of Finite Groups**، كما أبدع وسيلة لحساب ما الذى يمثله تاريخ أى يوم من أيام الأسبوع، بحيث يمكن لأى مبتدئ فى الرياضة أن يجريها فى عقله من فرط بساطة هذه الوسيلة.

- ومع سيمون كوش (رياضى آخر بالجامعة نفسها، التى يعمل بها: «برينسيتون»)، أثبتا نظرية الإرادة الحرة **Free will theory**، وهى الرؤية المروعة فى المتغيرات غير المُخفاة لميكانيكا الكم، والتى يعبّر هو عنها بـ: «إذا كانت لمن يقيمون التجارب إرادة حرة، فكذلك تكون مختلف العناصر» والتى تقرر أنه فى ظل ظروف معينة إذا كانت للقائم بالتجربة حرية اختيار الكميات التى سيقوم بقياسها فى تجربة معينة، فإنه من المحتم أن تكون العناصر المبدئية حرة فى اختيار حركتها المغزلية لتصبح متوافقة مع القانون الفيزيائى.

- وهو أيضًا المؤلف المشارك لمجموعة من الكتب بخلاف «أطلس المجموعات النهائية» هى: «الجبر العادى والماكينات النهائية» و«مجال الحزم أو الرزم» و«الشبكات والمجموعات» و«حول الأرقام والألعاب: المباريات» و«إحراز طرق لألعابك الرياضية» و«كتاب الأرقام» و«الرباعيات والثمانيات» و«كتاب الزاوية».

- چيمس هوتن (١٧٢٦-١٧٩٧) James Hutton:

- جيولوجي وطبيعي وكيميائي إسكتلندى، ولـه إسـهامات فـى التجريـب الحقلى، كما يعتبر من آباء الجيولوجيا الحديثة.

- تعلم فى المدرسة العليا وتدرب على ممارسة الطب والمحاماة فى آن معًـا ولكنه انجذب لعلم الجيولوجيا الناشئ حديثًا، ورغم عمله الفعلى وهو فـى سن الثلاثين والأربعين فى التجريب الحقلى، فقد لاحظ حوله كثيـرًا مـن التشكلات الصخرية ووضع ملاحظاته حول مـا شـاهده، وعنـدما درس بجامعة أدنبرة خلال فترة النضال من أجل التنـوير التقـى عـدة عقـول مستنيرة، مثل چوزيف بلاك وچون بلايفير، كما أصـبح صـديقًا دائمًـا للفيلسوف داڤيد هيوم.

- وفى منطقة الجبال فى الأراضى العليا لإسكتلندا وجد هـوتن الجرانيـت، مخترقًا الصخور المتحولة والمتبلرة بحيث أصبحت قابلة للانفلاق بسهولة إلى طبقات، وبطريقة تدل على أن الجرانيت يتشكل عبر تجمد الـصخور المنصهرة، وليس كما كان البعض يعتقد وقتئذ بأنه جاء نتيجة القوة البالغة للمياه المنحدرة، وبعدها عثر على نماذج مشابهة حتى إن أحـدها أُطلـق عليه اسمه.

- فى عام ١٧٨٧ لاحظ وعلق على ما يعرف الآن بـ «اللا تطابق» أو عدم الانسجام» **"Unconformity"**، مرجعًا السبب فيه إلى أنه لا بد من حـدوث عدة دورات زمنية احتفظ كل منها بطبقات فى قاع البحر ارتفعـت مـن خلال عوامل التعرية والتآكل، ثم هبطت إلى تحت البحر مـرة أخـرى، وذلك عبر فترات زمنية طويلة، وكانت له فى ذلك عبارة طريفة محفـورة فى ذاكرة المختصين تقول: إننا لم نعثر على قـدر ضـئيل أو ذرة مـن البدايات كما لم نعثر على أى مطل على النهاية. **"We find no vestige of a beginning, no prospect of an end"**.

- له مؤلف بعنوان: «نظرية الأرض: بحث فى القوانين الملحوظة عن تكون وانحلال وإعادة إحياء الأرض عالميًا»، كما نشر مجلدين عن نظريته تلك (مع إضافات قليلة ولكن مع العديد من الأبحاث المتنوعة كأصل الجرانيت مع نظرته للنظريات البديلة مثل نظريات توماس بورنت وجورج لويس وغيرهما، وأما المجلد الثالث (الذى اكتمل عام ١٧٩٤)، فقد حمل عنوان: «بحث فى مبادئ المعرفة وتقدم السببية والعقل من مجرد الإحساس إلى حتى العلم والفلسفة» وهو العنوان الدال على محتوى المجلد (يحتوى على ٢١٣٨ صفحة).

- **چيوتو دى بوندون Giotto di Bondone:**

- ويعرف بشكل مبسط كـ: جيوتو، ويعتقد أنه عاش فى الفترة من عام ١٢٦٧ إلى ١٣٣٧، بعد ميلاده بفلورنسا بإيطاليا وعمل كمهندس معمارى ورسام، يعزى إليه أنه الأول فى رهط الرسامين العظام الذين ساهموا فى عصر النهضة الإيطالى، حتى إنه كتب عنه: «قيامه بالقطع الحاسم مع النموذج البيزنطى القديم، وإحياؤه الرسم كفن، وكما نعرفه اليوم، منتجًا تقنية الرسم الدقيق من الحياة، والذى تم إغفاله على مدى قرنين من الزمان»، ومن بين أبرز أعماله قيامه بأداء الرسوم الداخلية للكنيسة المعروفة باسم **"The Scorvegni Chapel"** بمدينة بادوا **Padua**.

- **چيوفانى شياباريللى (١٨٣٥-١٩١٠) Giovanni Schiaparelli:**

- فلكى إيطالى عمل لأكثر من أربعين عامًا فى مرصد بريرا **"Brera"**.

- عكف على ملاحظة الكواكب فى النظام الشمسى، وبعد الملاحظة لكوكب المريخ راح يطلق الأسماء على البحور والقارات.

- وبدءًا من عام ١٨٧٧ اعتقد أنه لاحظ سمات مستقيمة فى المريخ ! سماها بالإيطالية **canali** بمعنى مجارى أنهار **channels**، ولكنها ترجمت على

سبيل الخطأ إلى **canals** بمعنى قنوات جرى شقها. وبعد عدة عقود من السنين تبين أن ما رآه كان مجرد وهم بصرى.

- يعتبر أول من أعلن عن الآثار النيزكية التى تحمل اسمى **Perseid, Leonid** لهما علاقة بالمذنبات.

- حصل على عدد من الجوائز العملية، كما تم تشريفه بإطلاق اسمه على إحدى الفوهات البركانية على سطح القمر، وفوهة أخرى على سطح المريخ، إضافة إلى تسمية الحجر النيزكى المصنف رقم ٤٠٦٢ باسمه.

- **دافيد ميدليفيهلدت وشهرته دك David Mittlefehldt (Duck):**

- من بين العلماء المشتغلين بمركز جونسون الفضائى **JSC** بوكالة ناسا، ويقضى كل وقته فى دفع أبحاث عن تشكلات الأحجار النيزكية، ومحاولة إثبات وجود علاقة منطقية بينها وبين المرحلة الباكرة، لتكون النظام الشمسى، ويتركز اهتمامه على الأكوندريت **achondrite** والأحجار النيزكية الصخرية المختلطة بالحديد، والتى تعرضت لحمم نارية أدت إلى صهرها، وهى الدراسة التى تقوم على أساس علم الصخور **Petrology** وكيمياء الأراضى **geochemistry**، مستخدمًا تحليلات المسابر الماكروية لمقاطع المعادن، وأيضًا التحليلات النيترونية النشطة.

- فى الأصل حصل على الدكتوراه عام ١٩٧٨ فى الكيمياء الأرضية من جامعة أوكلا **UCIA**، والتى منها بدأ رحلته ومساهماته فى مجال الأحجار النيزكية، إلى أن التحق بوكالة ناسا عام ٢٠٠٠.

- كان أيضًا عضو فريق بحث ميدانى عامى ١٩٩٧ و ٢٠٠١ حول الأحجار النيزكية بقارة أنتراكتيكا.

- كما كان عضوًا بمجلس تحرير دائرة معارف علوم الأرض التى نشرت عام ١٩٩٦. كما شغل منصب أمين متحف الأحجار النيزكية فى ناسا عام ٢٠٠١.

- **دافيد ج. ستيفنسن David J. Stevenson:**

- مولود بنيوزيلندا عام ١٩٤٨.

- يعمل أستاذًا لعلوم الكواكب بجامعة كالتيك **Caltech**، حيث حصل قبلها على الدكتوراه فى الفيزياء من جامعة كورنيل **Cornell**، والتى قدم من خلالها نموذجًا لافتًا للنظر عن التشكل الداخلى لكوكب المشترى **Jupiter**.

- يعرف عنه تطبيقه لميكانيكا السوائل وديناميكا المغناطيسية المتطرفة **magnetohydro dynamics** للوقوف على التشكل الداخلى وتطوره فى الكواكب والأقمار.

- تم تشريفه عام ١٩٨٤ بجائزة **II.C.Urey** المقدمة من قسم علوم الكواكب بالجمعية الفلكية الأمريكية، كما أنه عضو بالجمعية الملكية والأكاديمية الوطنية للعلوم.

- **دنكان ستيل Duncan Steel:**

- تلقى دراسته الجامعية فى الفيزياء والفلك، والتى أنهاها عام ١٩٧٧ ثم حصل على الماجستير عام ١٩٧٩ فى البصريات من جامعة لندن، ثم فى عام ١٩٨٤ حصل على الدكتوراه من جامعة كانتربرى بنيوزيلندا حول الدراسات الرادارية عن الظواهر الجوية كالشهب والنيازك، وما تخلفه وراءها من آثار.

- وبعدها انخرط فى عدة أبحاث متنوعة عن الأجسام الصغيرة فى النظام الشمسى من خلال التلسكوبات البصرية والنظم الرادارية والتقنية النظرية من أجل التوصل لدينامية تطورها.

- ثمة روبوت تَسمَّى باسمه فى رواية س. كلارك الشهيرة بعنوان: «مطرقة الله» كما أُطلق اسمه على أحد الكويكبات المرقوم ٤٧١٣، وكل ذلك من قبيل التشريف لمساهماته العلمية.

- عمل لفترة مستشارًا علميًا فى ناسا **NASA** وإيزا **ESA**، ومستشارًا لبرنامج وثائقى تليفزيونى، حصد جائزة إيمى **Emmy** للتليفزيون، كما أن له حتى الآن أربعة كتب عامة معروفه للجميع: «الهدف هو الأرض» عام ٢٠٠٠، و «ترقيم الزمن: البحث الملحمى لروزنامة متتامة» عام ٢٠٠٠ أيضًا، و«الخسوف: الظاهرة السماوية التى غيرت مجرى التاريخ» عام ٢٠٠١ (نسخة مزَيدة ومنقحة) عام ٢٠٠١ و«الكويكبات الشاردة ومذنبات يوم الدينونة الشريرة» وهذا الأخير نشر عام ١٩٩٧؛ هذا فضلاً عن ١٣٠ بحثًا علميًا منشورًا والمئات من المقالات، كما يظهر فى عشرات البرامج التليفزيونية والمئات من اللقاءات الإذاعية وجميعها حول العلم، وأيضًا قد يشار إلى أنه كثير التنقل فى حياته بدءًا من موطنه نيوزيلندا، ثم الولايات المتحدة والمملكة المتحدة (إنجلترا) وأستراليا والسويد، فضلاً على زيارته لما يزيد على ٨٠ دولة.

- **رضا غديرى M. Reza Chadiri:**

- كيميائى من أصل إيرانى وإخصائى عالمى فى مجال علوم «النانو» المتعلقة بمتناهيات الصغر، وحصل على الدكتوراه فى الكيمياء من جامعة وسكونسن – ماديسون.

- حصل عام ١٩٩٨ على جائزة فايمان لعمله المبدع فى تشكيل جزىء عبر التنظيم الذاتى، وهى القوة المشابهة أو المماثلة للآلية الموجودة فى الطبيعة، فيما يتعلق بالجزيئات.

- يعمل أستاذًا للكيمياء فى معهد سكربس **Scripps** للأبحاث.

- كما حصل على عدة جوائز من جهات علمية وبحثية عديدة ذات الصلة بالكيمياء وتقنية النانو (ما يقرب من ثمانى جوائز حتى الآن، وتقع فيما بين سنوات ١٨٨١ وعام ٢٠٠١).

- **روجر بنروز (١٩٣١-٠٠٠٠) Rogr Penrose:**

- رياضى إنجليزى مشايع للنسبية، استطاع فى ستينيات القرن الماضى أن يحسب الملامح الأساسية للثقوب السوداء.

- كما أثبت مع ستيفن هوكنج أن الثقوب السوداء تنهار لمستوى المتفردة **singularity** عند نقطة هندسية من الكون تتضغط عندها الكتلة إلى مصير لا نهائى وإلى قيمة صفر.

- وطور أيضًا طريقة لرسم خرائط المناطق الزمكانية، المحيطة بالثقوب السوداء، والتى يمكن بواسطتها للمرء أن يتخيل تأثير الجاذبية على أى مُقترب من هذه البقع.

- حاذ على تشريفات عديدة مثل جائزة آدمز ١٩٦٦، وجائزة دانى هينمان ١٩٧٢، وميدالية الجمعية الملكية للفلك (مع هوكنج) ١٩٧٥.

- **روبرت فولك Robert Folk:**

- مؤلف موسيقى كتب الموسيقى التصويرية لعدة أفلام، فضلاً عن عدد من الكونسرتات الكلاسيكية.

- **روبرت هانفورد Robert Hannford:**

- مولود بأستراليا عام ١٩٤٤.

- فنان تصوير تشكيلى أسترالى برع فى فن البورتريه.

- حصل على جائزة أرشيبالد ثلاث مرات بناء على ترشيح جماهيرى سنوات ٩١، ٩٢، ١٩٩٦.

- ريتشارد زار **Richard Zare:**

- مولود عام ١٩٣٩ بكليفلاند أوهايو بالولايات المتحدة.

- كيميائى أمريكى ويعمل حاليًا أستاذًا للكيمياء بجامعة ستانفورد، وكان قد حصل على الدكتوراه فى الفيزياء والتحليل الكيميائى من جامعة هارفارد، ويشتهر ببحوثه فى كيمياء الليزر وكذا فى مجال التفاعلات الكيميائية على مستوى الجزيئات.

- ألف كتابًا مهمًا بعنوان: «العزم» (كمية التحرك) الزاوى فى النظم الكمية، فضلاً عن عدة كتب أخرى بالمشاركة مع علماء آخرين تدور كلها – بخلاف الأوراق البحثية – عن التفاعلات الكيميائية، سواء الأولية منها أو تلك التى تحدث على مستوى صغير جدًا وكيفية السيطرة عليها بقوة الليزر.

- حصل على ما يقرب من ٢٠ إلى ٢٥ جائزة وتشريفًا متعدد الأصل، والتى تعود إلى الدوائر العلمية الكبرى بخلاف تلك المتعلقة بالكيمياء، وذلك عبر سنوات من ١٩٧٦ حتى ٢٠٠٥.

- **ستانلى كيث رونكن (١٩٢٢-١٩٩٥) Stanley Keith Runcorn:**

- عالم جيوفيزيائى تعود أصوله إلى لانكشير بإنجلترا، وله شهرة عالمية كأحد الرواد العلميين فى الصفائح الأرضية وإنجرافها وتشوهات القشرة الأرضية **plate tectonics**، وكان واحدًا من اثنين لعبا دورًا رئيسيًا فى التحديات التى أثيرت فى منتصف القرن الماضى، بشأن جذور المجال المغناطيسى للأرض، وكذا مصداقية نظرية انجراف القارات.

- حصل على درجات الدكتوراه من جامعات عديدة، ومنذ ١٩٦٥، وهو زميل بالجمعية الملكية العلمية بإنجلترا، كما حصل عام ١٩٨٧ على جائزة من الجمعية الأوروبية للفيزياء الأرضية.

- فضلا عن أن له إحاطة واسعة بمختلف وجوه القمر والأرض وأصل الكواكب، وإلى حتى مماته كان يبحث فى كيفية حدوث المغناطيسية المنعكسة أو المرتدة.

- وهو فى عمر ٧٣ تقريبًا كان يزور ولاية كاليفورنيا الأمريكية لإلقاء محاضرات فى جامعتها، ولحضور اللقاء السنوى للاتحاد الأمريكى للفيزياء الأرضية بسان فرانسسكو (وكان أعزب طوال حياته ويحيا حياة مثلية) هاجمه فى مسكنه أحد اللصوص، ووجه له ضربة على رأسه وبعدها شنقه برباط نايلون، ودافع المتهم عن نفسه بأنه كان يدافع عن نفسه بعد محاولة القتيل التحرش به جنسيًا إلا أنه أدين وصدر ضده حكما بالسجن المؤبد (٢٥ عامًا).

- **ستانلى لويد ميللر (١٩٣٠-٢٠٠٧) Stanley Lloyd Miller:**

- كيميائى وبيولوجى أمريكى يُعرف بدراساته وأبحاثه فى أصل الحياة وبصفة خاصة بالتجربة التى تحمل اسمه وآخر **Miller-Urey experiment** والتى أبرز فيها أنه يمكن إنشاء عناصر بيولوجية من خلال عمليات معملية بسيطة والتى استخدم فيها مشارطات، تمثلت فيما كان يعرف وقتئذ أنها المشارطات التى كانت عليها حال الأرض البدائية.

- بعد حصوله على الدكتوراه فى الكيمياء تنقل فى عدة جامعات ومعاهد أبحاث أمريكية إلى أن أصبح أستاذًا للكيمياء بجامعة سان دييجو منذ عام ١٩٦٨.

- تشارك مع أوراى فى التجربة الرائدة المشار إليها، حيث اعتقد الأخير أن الجو الأرضى البدائى يتشابه مع جو المشترى الحالى غنى بالأمونيا والميثان والهيدروجين، وعند تعريض تلك العناصر لمصدر طاقة مثل الأشعة الفوق بنفسجية، فإنها مع الماء يمكن أن تنتج أحماضًا أمينية، والتى

هى ضرورية لتشكيل مادة حية. (مثل هذه الأفكار أثيرت منذ عشرينيات القرن الماضى، ولكنها لقيت معارضة تتلخص فى أن الجو الباكر ذاك، ربما لم يكن فقط مجرد تلك العناصر).

- استمر الاثنان بصبر وأناة فى أبحاثهما على اعتبار أنه ليس ثمة فرق واضح بين إنتاج فيزيائى وآخر عضوى ينتج جزيئات حية، ومن ثم أبرزا أن الجزيئات الحية يمكن أن يتم إنتاجها عبر عمليات فيزيائية بسيطة، ومن ثم فليس مستحيلاً للخطوات الأولى للتوالد التلقائى **abiogenesis** أن يكون قد حدث على هذا النحو فى الأرض البدائية.

- **ستيفن جاى جولد (١٩٤١-٢٠٠٢) Stephen Jay Gould:**

- عالم أحافير أمريكى وبيولوجى يهتم بالتطور، كما كان مؤرخًا للعلوم ومن أشهر المعروفين بالكتب العلمية ذات الشعبية (تبسيط العلوم) من بين أبناء جيله، وهو الذى قضى معظم حياته العملية فى التدريس بجامعة هارفارد، وأيضًا عمله فى المتحف الأمريكى للتاريخ الطبيعى بنيويورك، كما كان وجهًا بارزًا فى مجال العلم وتبسيطه للعامة بمختلف وسائل الميديا.

- مما ذكره عن حياته، وتجدر الإشارة إليه أن والده (وكان كاتب اختزال بإحدى المحاكم) قد أصطحبه وهو بعد فى مرحلة الطفولة إلى متحف التاريخ الطبيعى، وهناك رأى الديناصور لأول مرة من نوع «تيرانوصور ركس» ولم تكن لديه أى فكرة عن وجود مثل هذه الأشياء، ومنذ هذه اللحظة قرر أن يصبح عالم أحاثة (حفريات) ومتابعة التاريخ الطبيعى وهو ما حدث بالفعل.

- بالرغم من نشأته فى منزل يهودى وميال للجدل وأب ماركسى النزعة، فإنه اختلف فى الرؤى السياسية عن والده وأصبح معارضًا بالكلية لكل

أنواع الظلم والقهر، خاصة ما شاهده من علم زائف أو خادع **pseudoscience** فى خدمة النازية والاضطهاد العرقى (الجنسانية).

- أصيب عام ١٩٨٢ بنوع من السرطان الذى عادة ما يصيب المتعرضون لمادة الإسبستوس، وبعد سنتين عانى خلالهما، شفى تمامًا منه وكتب عن ذلك عمودًا متواصلاً بالصحف كان يُعدّ ملهمًا بالأمل للمصابين بهذا المرض، رغم أنه أدمن الماريجوانا بهدف تخفيف الألم، والذى اعتبره هو واحدًا من بين أسباب شفائه، ومع ذلك وبعد سنوات، لقى حتفه مبكرًا نسبيًا بسبب نوع من الورم السرطانى يصيب الرئة ويتسرب إلى المخ (وكان هذا بعد حوالى ٢٠ سنة من شفائه السابق).

- وبالنسبة لدوره العلمى فقد أنهى دراسته الجامعية عام ١٩٦٣ بدرجة فى علوم الجيولوجيا، وأثناء دراسته درس أيضًا فى جامعة ليدز بالمملكة المتحدة، وبعدها فى ١٩٦٧ التحق للتدريس بجامعة هارفارد التى بقى فيها حتى مماته والتى ترقى فيها حتى درجة الأستاذية، كما رأس خلال ذلك وحاز على عضوية عدد من الجمعيات العلمية الخاصة بالأحافير أو بدراسة التطور.

- استطاع مع آخر أن ينمى نظرية التطور من خلال عملية متابعة علامات التوازن **Punctuated equilibrium**، بما أشار إلى أن عمليات التغير الإحيائى تتم بسرعة بالنسبة لطول المدة التى تستقر فيها الكائنات العضوية وهو ما اعتبره علماء آخرين نوع من العزف على وتيرة الاختيار الداروينى الذى كان معروفًا من قبل.

- خدم أيضًا الفكر التطورى عبر ملاحظته لوجود فراغ غير مقصود فى عمارة الأقواس لم يتعمده المصمم أصلاً وهى الفُسحة المسماة **spandrel**، وأن مثل ذلك يحدث فى تطور الأحياء، وقد نشر ملخصًا لأفكاره عن التطور قبيل وفاته مباشرة.

- **ستيوارت آلان كوفمان Stuart Alan Kauffman:**

- مولود فى الولايات المتحدة عام ١٩٣٩.

- بيولوجى نظرى أمريكى، وباحث فى «النظم المعقدة» التى من بينها أصل الحياة على الأرض، ويشتهر باقتراحه أن تعقيد النظم البيولوجية والعضوية، ربما نشأ أكثر من خلال التنظيم الذاتى وديناميات التوازن عنها من خلال الاختيار الطبيعى الداروينى.

- أنهى دراسته الجامعية من دار ماوث عام ١٩٦٠ والماجستير من جامعة أوكسفورد عام ١٩٦٨ وتنقل أستاذًا وباحثًا فى عدة جامعات ومعاهد أبحاث.

- حا. على شهرته بمشاركته فى معهد سانتا فى (معهد غير ربحى لأبحاث النظم المعقدة) خلال الأعوام من ١٩٨٦ إلى ١٩٩٧، وبسبب عمله هناك على النماذج فى مختلف مجالات البيولوجيا ومنها نظم الحفز الذاتى فى أصل الحياة، وشبكة النظام الجينى فى البيولوجيا المتطورة، ومجالات الصحة البدنية أيضًا.

- فى عام ١٩٩٦ تحديدًا بدأ فى الارتباط بمجموعة بحث بيولوجية منبثقة عن معهد سانتافى، من أجل شركة ربحية استخدمت منهج النظم المعقدة لحل مشاكل الأعمال، ولكن هذا لم يدم طويلاً. خاصة أن بعض زملائه البيولوجيين العاملين فى نفس مجاله انتقدوا أفكاره فى التنظيم الذاتى والتطور.

- من بين مؤلفاته «أصول النظام: التنظيم الذاتى والاختيار فى مسألة الاختيار» عام ١٩٩٣، و «فى الوطن عبر الكون» عام ١٩٩٥، و «أبحاث» عام ٢٠٠٠، و «مقدمة للبيولوجيا العامة» عام ٢٠٠٤ وذلك فى كتاب لمجموعة من العلماء بعنوان «التصميم المتحدى: من داروين إلى الدنا «الصادر عام ٢٠٠٤، ومقدمة كتاب لمجموعة

أخرى حملت عنوان: «الوكلاء المستقلون بذاتهم» لكتابهم المعنون: «العلم والحقيقة المطلقة: نظرية الكم، والكونيات، والتعقيد» عام ٢٠٠٤ أيضًا.

- **سول سبيجلمان (١٩١٤-١٩٨٣) Sol Spiegelman:**

- بيولوجى جزيئى أمريكى قدم مساهمة فى تطوير تقنية تهجين الحامض الذرى، وهو ما ساعد على التقدم فى تقنية الدنا.

- أنهى دراسته الجامعية فى الرياضيات فى كلية مدينة نيويورك عام ١٩٣٩ وحصل على الدكتوراه عام ١٩٤٤ من جامعة واشنجطون.

- فى عام ١٩٦٢ طور تقنية سمحت برصد جزيئات الرنا والدنا فى الخلايا، وبعدها واصل أبحاثه فى كيف تشكل الخلايا إنزيمات ودنا ورنا وفيروسات وجزيئات، تعد قاعدة أو أساسًا للسرطان، ويذكر له أنه أعد تجربة من الإنتاج الذاتى للرنا أطلق عليها «وحش سبيجلمان».

- أعد أكثر من ٣٥٠ بحثًا منشورًا فى المجلات العلمية المُحكّمة وحصل على عدد من الجوائز والتشريفات.

- **سيدنى وولتر فوكس (١٩١٢-١٩٩٨) Sidney Walter Fox:**

- بيوكيميائى أمريكى يعتبر مسئولاً عن الاكتشافات الغريبة فى مجال التراكيب ذاتية الحركة **autosynthesis** للخلايا الأولى السابقة زمانيا **protocells**.

- حصل على الدكتوراه من جامعة كالتيك، وعمل مع وتحت إشراف كل من هوج هوفمان، وت.هـ. مورجان، ولينوس بولنج، وأثناء الحرب العالمية الثانية عمل فى عزل فيتامين **A** من أكباد أسماك القرش، والذى ساعد

على تقوية نظر الطيارين مساءً، وفى عام ١٩٤١ أسس معملاً كيمائيًا للبروتين، وبعدها تنقل فى عدة مواقع جامعية مختلفة ومعاهد أبحاث.

- منذ عام ١٩٦٤ بدأ معهد الأبحاث الذى كان منتميًا إليه فى دراسة أول صخور أعادتها بعثة أبوللو الشهيرة من كوكب القمر.

- أكثر أبحاثه شهرة – وإن دار حولها جدل كثير – هو الذى انخرط فى التشكل التلقائى للبناء البروتينى، وحين أظهر أنه فى ظروف معينة يمكن للأحماض الأمينية أن تُوَلِّد تلقائيًا ببتيدات صغيرة باعتبارها اللبنة الأولى فى تكوين بروتين، وكانت نتائج تجاربه مفهومة وقابلة للتصديق بسبب مضاعفته للمشارطات بطريقة يمكن تصديقها ظاهريًا لما كانت عليه الأرض فى البدايات.

- وبمزيد من العمل كشف عن أن هذه الأحماض الأمينية والببتيدات الصغيرة يمكن تحفيزها لتشكيل مجال غشائى حيوانى أو نباتى سماها **microspheres**، وذهب فى ذلك إلى حد وصفها – تلك التشكلات – بأنها خلايا أولية أى بروتين يمكنه النمو وإعادة الإنتاج، وهى على هذا النحو يمكن أن تكون مرحلة وسيطة مهمة بين العناصر العضوية البسيطة والخلايا الحية المعروفة.

- من كتبه، سواء مستقلاً أو مع آخرين، «مقدمة لكيمياء البروتين» ١٩٦٥، تجارب مشابهة لطبيعة النظم التلقائية للوحدات المورفولوجية (التَشَكُلِيّة) القائمة على أساس بروتينى: حول أصول النظم السابقة على الحالة العضوية وجزيئاتها البيوخلوية (النسيج الواقع بين الخلايا) **Matrices** و «أصول السلوك لدى الخلايا الأولية والجزيئات الماكروية: دراسة مقارنة بيوكيميائية وفسيولوجية (علم وظائف الأعضاء)» عام ١٩٨٨ و «بزوغ الحياة: التطور الداروينى من الداخل».

- **سيرجى نيكولايفيتش ڤينوجرادسكى (١٨٥٦-١٩٥٣) Sergei Nikolaievich Winogradsky:**

- ميكروبولوجى روسى وعالم تربة وبيئة، والذى كان رائدًا فى مفهوم «دورة الحياة» ومكتشف العمليات البيولوجية لأكسدة الأمونيوم من خلال بعض الجراثيم إلى نيتريت، ثم نترات فى التربة، وكذا أول تشكل عرفه العلماء للجراثيم التى تنمو ذاتيًا عبر تغذية كيميائية.

- فى بداية حياته تعلم الموسيقى، ولكنه اتجه لدراسة الكيمياء وعلوم النبات بجامعة سانت بطرسبرج، والتى حصل منها على ماجستير فى علم النبات، وبعدها بدأ عمله كباحث فى مجال الباكتيريا التى تتغذى على الكبريت، واكتشف أنواع الجراثيم التى تحول الأمونيا إلى نيتريت ثم نترات فى النهاية، كما تعرف على العضويات اللا هوائية وهى نوع من الجراثيم العضوية وبعضها غير حيوانى، وتضخ إفرازات تؤدى إلى تسممات خطيرة وهى من النوع المسخر لأسلوب وحيد فى الحياة ولكنها قادرة على إضافة النيتروجين فى الجو.

- تقلد عدة مناصب جامعية وبحثية وزمالة ورئاسة جمعيات تتعلق بمجاله البحثى وعددًا من التشريفات، باعتباره أول من غير المفاهيم، من حيث إن بعض الجراثيم تستقى الطاقة من خلال عدد من المكونات غير العضوية وتحصل على الكربون فى شكل ثانى أكسيد الكربون، بعد أن كان معتقدًا قبلها من أن مصدرها فى ذلك هو الضوء، وباعتباره أول من حاول فهم عالم الميكروب خارج المشارطات الطبية وإنما من خلال البيئة المحيطة بها.

- **سيدنى برينر Sidney Brenner:**

- مولود بجنوب أفريقيا عام ١٩٢٧ (من أسرة مهاجرة يرجع فيها والديه إلى «لاتفيا»).

- بيولوجى حائز على جائزة نوبل فى الفسيولوجى، أجرى عدة مساهمات تعتبر بذورًا لبزوغ البيولوجيا الجزيئية فى ستينيات القرن الماضى، والتى شملت تعريف الرنا المرسال، وتفسير الطبيعة الثلاثية لشفرة البروتين من خلال تجربة برينر وآخر معه عام ١٩٦١ حيث اكتشفا معًا دورة التغيير الإحيائى التى كانت بدورها بذرة مبكرة لإيضاح الشفرة الخاصة بالجينات.

- عمد بعد ذلك إلى إلقاء الضوء على كائن عضوى صغير هو الدودة الخيطية أو السلكية المستديرة كنموذج تجرى عليه أبحاث تطور «الحيوانات» بما فيها التطور العصبى أو الظهرى، والتى اعتبرها المجال الصحيح الذى يؤدى إلى موضوعات البحث الصحيحة فى هذا الميدان، حتى إنه عنون كلمته التى ألقاها بمناسبة حصوله وآخرين على جائزة نوبل بـ: «هدية الطبيعة للعلم».

- أسس برنر المعهد المعروف باسم «معهد علوم الجزيئات» والذى شارك أنشطة معاهد متعددة لها علاقة بالمجال.

- له فكرة تتعلق بما سماه الخطة الأوروبية والخطة الأمريكية ووفقًا للأولى (وأحيانًا ما يشار إليها بالخطة البريطانية)، فإن وظائف الخلايا تتحد عبر أصول الخلايا أو الخلايا السالفة لها، بمعنى أن الخلايا (الأم) سوف تنشئ خلايا (مولودة لها) بنفس الوظائف، بينما وفقًا للخطة الأمريكية، فإن خلايا المخ تتحدد عبر الخلايا المجاورة لها بعد تمام هجرتها إلى موقعها الحالى، بمعنى أنه لو خلية ما هاجرت إلى موقع عصبى يتعلق بالرؤية (على سبيل المثال)، فإنها ستتكيف لتقوم بنفس الوظيفة، وبالمثل لو انتقلت إلى موقع يتعلق بالسمع وهكذا، وبصرف النظر عن الأصل الجينى لتلك الخلايا الأم.

- ستيفن روز **Steven Rose**:

- مولود بلندن فى المملكة المتحدة عام ١٩٣٨.

- يعمل أستاذًا للبيولوجى وعلوم الأعصاب بالجامعة المفتوحة بإنجلترا وأيضًا بجامعة لندن، وسبق له أن درس الكيمياء العضوية فى جامعة كامبردج، ثم علوم الأعصاب بالجامعة نفسها، ومعهد علوم النفس بكنجز كوليدج بلندن – وتتركز أبحاثه على العمليات العضوية المتعلقة بالذاكرة وتشكلاتها ومعالجات مرض «الزيهايمر».

- ألف عدة كتب علمية لتبسيط العلوم للعامة كما يكتب عمودًا دائمًا فى جريدة الجارديان البريطانية، وفى الفترة من ١٩٩٩ حتى ٢٠٠٢ ألقى محاضرات كأستاذ فى علوم الفسيولوجى بكلية جريشام **Gresham**.

- ويكتسب شهرة من مواقفه – إلى جانب العلم – الخاصة ببعض الموضوعات السياسية، منها دعمه أكاديمية المقاطعة الإسرائيلية ووصفه نفسه بأنه مُعادٍ للصهيونية **anti-Zionist**، ويعتبر أيضًا من الداعمين المنضمين للمؤسسة الإنسانية البريطانية.

- كما أنه من الناقدين الكبار لعلوم نفس التطور والتكيف وكتب فى ذلك عدة كتب على رأسها الكتاب المعنون: «نهاية المسكين داروين: مناقشات ضد سيكلوجية التطور» **Alas Poor Darwin: arguments against evolulionary psychology**.

- سيسيفوس **Sisyphus**:

- كان سيسيفوس ابنًا للملك إيلوس ووالدته هى إيناريت **Enarete** والمؤسس والملك الأول لـ: إيفيريا (كورنثة)، وكان سيسيفوس مشجعًا لأعمال البحر والتجارة، ولكنه فى الوقت نفسه كان مخاتلاً وجشعًا بحب اكتناز

المال، كما انتهك قواعد الضيافة بقتله المسافرين والضيوف، باعتباره عملاً، مظهرًا قوته واعتلاءه القمة، ووصفه هومر بأنه من أكثر الرجال مكرًا: فقد إغتصب ابنة عمه واغتصب العرش من أخيه، وأيضًا خان زيوس **Zeus** كبير الآلهة (خاصة فى واقعة اغتصابه لإيجينا **Aegina** ابنة إله النهر)، الذى أمر بعدها بتقييده بالسلاسل ولكن سيسيفوس تماكر على الحارس بأن طلب منه أن يُريه كيف تعمل هذه القيود، وبهذه الطريقة حرر نفسه وأصبحت بذلك مملكة الموت، معطلة عن العمل، ولكن أعيد القبض عليه وإرساله لمملكة الموت، إلا أنه قبل ذلك أسّر لزوجته ألا تقوم بعد موته بإجراء التضحية المألوفة فى مثل هذه الحالات، وهناك فى مملكة «ما تحت الأرض» اشتكى للملكة بأن زوجته قد أهملته وطلب له السماح بعودته للأرض لمطالبتها بالقيام بواجبها، وبعد عودته لكورنثة رفض العودة لتحت الأرض، وفى النهاية استطاع هرمز **Hermes** أن يعيده إليها.

- **شاندرا ويكراماسنجى (١٩٣٩-٠٠٠) Chandra Wickramasinghe:**

- مولود بسرى لانكا ويعمل أستاذًا للرياضة التطبيقية والفلك بجامعة كارديف، ورئيسًا لمركز كارديف لبيولوجيا الفلك (الفضاء)، ويعيش بكارديف وويلز والمملكة المتحدة، وحاصل إلى جانب الدكتوراه التخصصية على دكتوراه العلوم أيضًا.

- كان تلميذًا لـ: فريد هويل، ويعتبر عملهما المشترك فى مجال طيف الأشعة دون الحمراء وطيفها فى نطاق البذور البين كوكبية، هو الذى طور النظرية الحديثة المتعلقة بـ: البانسبيرميا (الديدان أو البذور فى كل مكان)، وهى النظرية التى تقترح أن الغبار فى الفضاء البين كوكبى، يعتبر عضويًا بشكل جزىء، وأن الحياة على الأرض قد تلقحت من الفضاء أكثر من كونها ظهرت كنتيجة للتولد التلقائى.

- يرى أن عمله يتركز بصفة أساسية حول تطوير وسائل لترصد الحياة فى الفضاء، وبأنه لعب دورًا فى ميلاد علم بيولوجيا الفلك.

- وهو بالفعل من أشهر الرواد عالميًا فى خبرة المواد البين كوكبية وموضوع أصل الحياة، بمساهماته الكبيرة فى كل من المجال عبر نشره أكثر من ٣٥٠ بحثًا علميًا فى المجلات المُحكَّمة، فضلاً عن تأليفه ومشاركته فى أكثر من ٢٥ كتابًا فى المجال ذاته. وكان أول من قال بنظرية: إن الغبار البين كوكبى يعتبر عضويًا فى غالبيته، وليس جزيئيا كما تقول نظرية «البانسبيرميا»، وهى النظرية التى أصبحت مقبولة الآن على مستوى عريض.

- من بين الكتب التى شارك فى تأليفها مع فريد هويل وآخرين «العدد الزائد للمجرات فى الكون – نظرة بديلة» و «أصل الحياة فى الكون» و «الكون والحياة الأبدية» و «مكاننا فى الكون – إنها جاءت من الفضاء ولا تزال تجىء».

- حصل على تكريمات وجوائز علمية من بعض الجامعات، وأحدها كان مشاركًا فيها مع فريد هويل.

- فى ٢٠٠٣/٥/٢٤ نشر خطابًا ممهورًا بتوقيعه واثنين آخرين، اقترح فيه أن الفيروس المسمى «سارس» **SARS** ربما يكون قادمًا من الفضاء البين كوكبى، حيث يمكن أن تقع واقعة ما فى الفضاء، يهبط بسببها عدد مؤقت من هذه الفيروسات على الجبال المطوقة للهملايا عندما ترقد طبقة الهواء، وتتبعها عدة دفعات من الفيروس نفسه على المناطق المجاورة – وهو الخطاب الذى كان محلاً لإعلام مكثف على رأسه محطة: بى. بى. سى ومجلة ناشيونال جيوغرافيك.

- **سير فريدهويل (١٩١٥-٢٠٠١) Sir Fred Hoyle :**

- رياضى فلكى إنجليزى من المناصرين الأشداء لنظرية حالة الثبات فى الكون وحصل على رتبة فارس (سير) فى عام ١٩٧٢، ويعتبر من كتاب الخيال العلمى اللامعين (مقالات ومسرحيات وقصص قصيرة).

- حاول المشاركة مع الفلكى توماس جولد والرياضى هيرمان بوندى من خلال نظرية أينشتاين عن النسبية فى تشيكل أساس رياضى لحالة الثبات هذه، والقائلة بأن الكون رغم تمدده، فإن المادة تتخلق باستمرار، لتبقى على درجة الكثافة الأولى، أى أنهم جعلوا التمدد فى الكون وخلق المادة متداخلين.

- فى خمسينيات القرن الفائت وأوائل ستينياته برزت ملاحظات جديدة عن المجرات البعيدة وعَمَّت نظرية الانفجار الكبير، وأضعفت «حالة الثبات» مما اضطره لتغيير بعض نتائجه، حتى تكون نظريته متماسكة.

- من بين كتبه «طبيعة الكون» ١٩٥١، «حدود علم الفلك» ١٩٥٥، «الفلك والكونية» ١٩٧٥، «أوجه الكون» ١٩٧٧، «الثلج» ١٩٨١.

- **فرانسيس كريك (١٩١٦-٢٠٠٤) Francis Crick:**

- فيزيائى إنجليزى وعالم فى الجزيئات العضوية، وعلم المخ والأعصاب، ومن أكثر ما يعرف به هو اكتشافه عام ١٩٥٣ مع كل من جيمس واتسون وموريس ويلكنج لأبنية جزىء الدنا، والذى حصلوا ثلاثتهم من أجله على جائزة نوبل فى الفسيولوجى «من أجل اكتشافهم المتعلق ببناء جزىء الأحماض النووية وأهمية ذلك لنقل المعلومات داخل المواد الحية».

- ويعرف أيضًا باستخدامه مصطلح «المبدأ المركزى» **central dogma**، ملخصًا به فكرة أن تدفق المعلومات الوراثية فى الخلايا هو بالضرورة

تدفق ذو اتجاه واحد من الدنا إلى الرنا إلى البروتين، ولقد لعب دورًا مهمًا فى الكشف عن الشيفرة الوراثية.

- تركزت أبحاثه المتأخرة فى علم الأعصاب النظرى، محاولاً أن يحدث تقدمًا فى دراسة «الوعى» البشرى وظل كذلك إلى أن وافته المنية وهو يحرر بحثًا فى هذا المجال، ولذا حاز على وصف «عالم حتى النهاية».

- ويعرف عنه – بعد عدة محاولات فيزيائية قبل وبعد الحرب العالمية الثانية – انعطافه للبيولوجيا واهتمامه البالغ بمشكلتين رئيسيتين، الأولى كيف تنقل الجزيئات من الحالة غير الحية إلى الحالة الحية، والثانية تتعلق بكيفية صناعة الدماغ (المخ) للوعى البشرى.

- **فريمان دايسون (١٩٢٣–....) Freeman Dyson:**

- فيزيائى إنجليزى المولد أمريكى الجنسية، ورياضى ومُنظِّر تعتمد شهرته على أعماله وسلسلة تنظير المستقبليات والخيال العلمى، ومن بينها البحث عن الذكاء فى الفضاء الخارجى، ويعد مناصرًا للوطنية أيًا كانت ولفكرة عدم التسلح الذرى، والتعاون الدولى.

- عمل محللاً للجيش فى الحرب العالمية الثانية، وبعد الحرب حصل على الماجستير من كامبريدج، وبعدها انتقل للولايات المتحدة حيث نُصِّب أستاذًا للفيزياء من دون الدكتوراه بجامعة كورنل، إلى جوار منصب آخر فى معهد الدراسات المتقدمة فى برنسيتون.

- أصبح معروفًا عام ١٩٤٩ بمعادلته عن التشكل الميكانيكى الكمى الموجود آنئذ: «الطريق التكاملى المتمم للتشكل» الذى ابتدعه ريتشارد فايمان، وفكرة «المُشغِّل» التى طورها جوليان شوينجر وس. إيترور. وكمنتج ثانوى كان اختراعه لما يعرف بـ: «متتابعات دايسون».

- ومن أعماله اللامعة أنه فى عام ١٩٦٦ بالمشاركة مع أ. لينارد (ومستقلين عن إليوت ليب ووالتر ثيرنج)، استطاعا أن يثبتا بصرامة أن مبدأ الإقصاء أو الاستبعاد يلعب دورًا رئيسيًا فى استقرارية المواد ذات الجسوم الكبيرة، ومن ثم فليست نبضات الجاذبية الإليكترونية بين الإليكترون والجزىء هى المسئولة عن بقاء كتلتين من الخشب موضوعتين فوق بعضهما البعض دون أن يلتحما فى كتلة واحدة، ولكن مبدأ الاستبعاد هو الذى يسمح للإليكترونات والبروتينات بتوليد القوة العادية التقليدية. وفى فيزياء المواد المكثفة قام بدراسات حول طور الانتقال فى نموذج إيزينج **Ising** فى بعد واحد وعبر الموجات الحلزونية.

- ومما يشار إليه قيام دايسون بالعمل على موضوعات متفرقة فى الرياضة والتوبولى والتحليل، ونظرية الأرقام والمنشأ العشوائى للأشياء، كما اشتغل على ما يعرف بمشروع أوريون **Orion** الذى اقترح إمكانية استخدام مركبة فضائية لقوة تسيير تعتمد على الخفقان الذرى، باعتبار أن ما يجرى العمل عليه يقوم على المتفجرات التقليدية، وحال دون المضى فى الاقتراح بتحريم الأسلحة الذرية فى الفضاء.

- **فردريش ووهلر (١٨٠٠-١٨٨٢) Friedrich Wöhler:**

- كيميائى ألمانى، ومن أكثر ما اُشتهر به هو فروضه حول اليوريا **Urea** (المادة المتبلرة فى البول)، وعزله لعدة معاملات أخرى، كما يعد طليعيًا فى مجال الكيمياء العضوية.

- كان من المعتقد أن العناصر العضوية لا تتشكل إلا بتأثير القوة الحيوية فى أجسام الحيوانات (والسيتوبلازم النباتى) ولكنه أثبت أنه بواسطة ترتيبات اصطناعية يمكن استخلاص اليوريا فى المعمل من مواد غير حية. وبإظهاره أن سيانيد الأمونيا يمكن أن يصبح يوريا بإجراء عدة ترتيبات

داخلية فى ذراته دون جنى أو خسارة أى شىء فى وزنه فقد أسس واحدًا من الأمثلة الأكثر جودة على الأيسومرية "Isomerism" (التجازئية) وما حيا بذلك النظرة القديمة بأن التركيب المتساوى لا يمكن أن يتواجد معًا فى جسمين مختلفين.

- وتعددت أعماله فى المجال الكيميائى حتى إن نتائج بحثه المشار إليه وُصف عند نشره وفى تقرير مقدم للأكاديمية الملكية السويدية للعلوم بأنه أحسن بحوث العام فى مجلات الفيزياء والكيمياء وعلم المعادن جميعًا، وبالتالى يمكن تصور مدى تأثيرات ذلك فى العلوم الأخرى كالفلك وتشكلات الصخور والأحافير والبحث عن الحياة فى الكواكب الأخرى.

- ومما يشار إليه أيضًا أن تأثيره على الكيمياء كان بالغًا حتى إن المجلة العلمية السنوية ظلت على مدى من ١٨٢٠-١٨٨١ تشتمل سنويًا على أبحاث ومساهمات منسوبة إليه، كما كان له عدد من التلاميذ الذين أصبحوا بين الأسماء اللامعة فى الكيمياء.

- **فيثاغورث (حوالى ٥٨٠-إلى حوالى ٥٠٠ قبل الميلاد) Pythagoras:**

- فيلسوف ورياضى يونانى عُرف بتأسيسه جمعية الأخوة الفيثاغوريين، والتى كانت فى البداية تستهدف الإصلاح الأخلاقى، إلا أنها شكلت مبادئ أثرت فى أفكار أفلاطون وأرسطو وساهمت فى تطوير الرياضيات والفلسفة الغربية العقلانية وذلك فى حوالى ٥٢٥ قبل الميلاد.

- من أهم مبادئ هذه الجمعية: البحث لأقصى عمق عن الحقيقة باعتبارها ذات طابع رياضى – يمكن استخدام الفلسفة للنقاء الروحى – الروح يمكن أن تصعد للاتحاد بالمقدس – بعض الرموز لها معنى صوفى – كل الأخوة فى النظام لا بد أن يكونوا أوفياء له ومن بين سُنَنه.

- ولم يبق شيء من كتاباته، ولكن تلامذته أكدوا مذهبهم بالحفاظ عليه وتطبيق تعاليمه وتطويرها، منها مثلاً ما عرف عن نظريته عن المعنى الوظيفى للأعداد فى العالم الموضوعى وفى الموسيقى، وثمة اكتشافات تنسب إليه مثل عدم تناسب الجانب القطرى للمربع، والنظرية الفيثاغورية فى المثلث المتساوى الساقين – إنما الأكثر احتمالاً أن معظم التقليد العقلى يتأصل منذ زمنه لحكمته المشربة بالصوفية أكثر من مساهمته العلمية.

- **كارل ستيتر Karl Stetter:**

- ولد فى يوليو ١٩٤١.

- عالم ميكروبات ألمانى وخبير بحياة الميكروبات تحت درجات الحرارة العالية، بل من أهم العلماء الذين اشتغلوا بهذا المجال، كما أنه من أصحاب التأثير فى مجال علم الحياة العضوية فى الفضاء الفلكى **"Astrobiology"**.

- حصل على الدكتوراه فى موضوع الباكتيريا العضوية المسماة **lactobacilli**، ومنذ عام ١٩٨٠ إلى ٢٠٠٢ كان أستاذاً ورئيسًا لقسم الميكروبات ومركز الأرشيا **Archaea** بجامعة ريجنسبورج، وتركزت معظم أبحاثه على عينات وعزل وتوصيف العضويات الأرشية المعتبرة المجال الثالث للحياة، وبصفة خاصة عاشقات الحرارة غير المكتشفة وقتئذ وهى تلك التى تزدهر فى درجات حرارة بين ٨٠° و١١٣° من الباكتيريا والكائنات الأرشية التى جرت تسميتها فائقة الحب للحرارة **"hyperthermophiles"** أو **"extremophiles"**.

- كان من أهم مكتشفاته نوعٌ من الميكروبات الآرشية التى تعتبر أصغر كائن جينى معروف على الأرض، وذلك فى العام ٢٠٠٢ بالقرب من

إحدى الفوهات المتطرفة الحرارة عند شاطئ أيسلاند **Iceland**، وهى المعروفة باسم **Nanoarchaeum equitant**، وكذا نوع آخر كروى التشكل ومبطن بما يشبه الشعر الكثيف ويسمى علميًا **pyrococcus furiosus**، ويعيش فى نطاق حرارى أيضًا بجزيرة البركان الإيطالية، وغيرها ممن على الشاكلة نفسها.

- حصل على العديد من الميداليات والجوائز والتشريفات العلمية.

- **كارل ووز (١٩٢٨–...) Carl Woese:**

- ميكروبولوجى أمريكى معروف بإنشائه وسيلة للتعرف على الأرشيا **Archaea** (كميدان جديد فى مملكة الحياة)، وذلك عام ١٩٧٧، والتى أصبحت مألوفة فى المعامل حتى يومنا هذا، وفى عام ١٩٦٧ هو الذى وضع تأصيلاً لحدوس عالم الرنا، وإن لم تكن وقتئذ بهذا الاسم.

- وبتلك الطريقة فى تعريف الأرشيا أعاد لفت الانتباه لما فى شجرة الحياة من تصنيفات، وأرسى فكرة التنوع على الصلات الجينية بأكثر من قيامها على علاقات التقارب فى تشكلات الأصناف **morphological similarities**.

- لقد قسَّم الحياة إلى ٢٣ قسمًا، وجميعها ينطوى تحت ثلاثة رئيسية منها، هى: الباكتيريا والأرشيا والإيكوريا، والأرشيا لا هى باكتيريا ولا هى إيكوريا، وإنما تنتمى لما يسمى بروكاريوت التى هى ليست باكتيريا.

- ولقد مرت عملية القبول العام لتقسيماته تلك بنوع من البطء والقسوة معًا، فقد انتقده الكثيرون ومنهم أسماء لها وزنها، وظل ذلك حتى أواسط ثمانينيات القرن الماضى، دون أن يحظى بهذا القبول العام، وإن ظل هو محافظًا على معتقداته.

- ومن ناحية أخرى فقد حدس أن ثمة عصرًا ظلت الجينات فيه تنتقل بين

العضويات الحية، وأن الأنواع لم تتشكل إلا عندما توقفت العضويات عن معاملة الجينات الوافدة إليها من عضويات أخرى بنفس مستوى أهمية جيناتها الأصلية، وعلى هذا – من وجهة نظره – يكون ذلك العصر مسئولاً عن سرعة التطور المبكرة للبناءات العضوية المعقدة.

- ومن المعروف عن ووز أن لأفكاره تطبيقات في مجال البحث عن الحياة فوق كواكب أخرى غير كوكب الأرض.

- **كارل ساجان (١٩٣٤-١٩٩٦) Carl Sagan:**

- فلكي أمريكي قدم نظرة لها قيمتها في فهم أصل الحياة في البيئة البدائية الأرضية، وذلك عندما أعلن عن إنتاج الحامض الأميني في خليط من الميثان والأمونيا والمياه وغاز سلفات الهيدروجين المعالج بالطاقة المشعة عبر موجات طويلة من إشعاعات فوق بنفسجية المصدر.

- أدار مع جيمس بولاك وريتشارد جولد شتين دراسات عن الرادار، أظهرت أن هناك سلسلة من الجبال والمرتفعات فوق كوكب المريخ وأن ثمة خواص معينة وملحوظة تتكون على كوكب الزهرة في مستوى حراري يصل إلى ٧٩٥° فهرنهيت.

- قام بالتعليق على مسلسل تليفزيوني عام ١٩٨٠ بعنوان: «الكون» ومن بين مؤلفاته «الغلاف الجوي لكوكب الزهرة» ١٩٦١، و«الاكتشافات الكوكبية» ١٩٧٠، و«كوكب التنين في جنة عدن"، و«مشاهد من ثورة الذكاء الإنساني» ١٩٧٧، و«مشاهد لرومانسية العلم» ١٩٧٩، و «اتصال» ١٩٨٥، وهذا الأخير قام عليه فيلم سينمائي أمريكي بالعنوان نفسه.

- **كيرت جودل (١٩٠٦-١٩٧٨) Kurt Godel:**

- رياضي ومنطقي أمريكي نمساوي المولد، وصاحب برهان جودل الموسوم باسمه لجدّته وألمعيته، والقائل بأنه مع أي نظام منطق رياضي صارم، لا

يمكن البرهنة أو عدم البرهنة على أسئلة أو فرضيات معينة على أساس البدهيات الداخلة فى النظام، وبالتالى من غير الثابت أن البدهيات الأساسية القاعدية للحساب لن تسمح بظهور التناقضات، وهو البرهان الذى أصبح من أشهرها فى مجال الرياضيات فى القرن العشرين بأسره وتستمر المناقشات والتحديات حوله حتى اليوم.

- ظهر هذا البرهان عام ١٩٣١ فى مقال بعنوان: «حول اقتراحات عدم التحديد كمبدأ شكلى» فى كتاب «مبادئ الرياضيات للأشهرين برتراند رسل وهوايتهد، وهى المقالة التى أنهت قرنًا من محاولة تأسيس بدهيات يمكنها أن تعطينا قاعدة صارمة لكل الرياضيات أو معظمها تقريبًا، والتى من بعده أصبحت من الكلاسيكيات بالنسبة للرياضة الحديثة، أعنى بعد المحاولة الناجحة التى قدمها جودل والتى أصبحت من المبادئ الراسخة للرياضيات.

- **كريستيان دى دوف (١٩١٧–٠٠٠) Christian de Duve:**

- ولد فى إنجلترا لوالدين من المهاجرين البلجيك وتخصص فى علم الخلايا "**Cytology**" والكيمياء الحيوية "**Biochemistry**"، ومن بين موضوعات أخرى، فقد درس توزيع الإنزيمات فى خلايا أكباد الفئران، كما عمل على جزيئات الخلية، متوصلاً فى ذلك إلى رؤية فى وظيفة بناءات الخلية.

- فى عام ١٩٦٠ حصل على جائزة فرانكى "**Francqui**" للعلوم الطبية والبيولوجية، وفى عام ١٩٧٤ حاز على جائزة نوبل فى الفسيولوجى (علم وظائف الأعضاء)، مشاركة مع ألبرت كلود وجورج إى بالاد بسبب تقديمهم وصفاً لبناء والوظيفة العضوية فى الخلايا الحية؛ إلا أنه فى سنواته الأخيرة أخلص لدراسات «أصل الحياة» التى اعتبرها لا تزال مجالاً عريضًا واجب الانتباه إليه.

- ساهمت أعماله فى ظهور اتفاق جماعى على صحة نظرية التكافل، وهى الفكرة التى اقترحت أن الميتوكوندريا والكلوروبلاست وربما خلايا أخرى من نوع الإيكاريوت، ربما تجذرت فى نوع البروكاريوت المتكامل والتى جاءت لتعيش فى خلايا الإيكاريوت.

- اقترح دى دوف أيضًا أن نوع الـ «بيروكسيسوم» **peroxisome** ربما كان أول جنس تكافلى، والذى سمح للخلايا بتحمل نمو الجزيئات، بعيدًا عن الأكسجين فى جو الأرض، ما دام هذا النوع لا يمتلك دنا خاصة به، إلا أن هذا الاقتراح لم تدعمه أدلة مشابهة للأدلة على دعواه السابقة عن الميتوكوندريا أو الكلوروبلاست.

- **كلود شانون (١٩١٦-٢٠٠١) Claude Shannon:**

- فيزيائى أمريكى ورياضى يعرف باهتمامه بالجبر البوليانى **Boolean** ونظرية المعلومات، حتى إنه يلقب بأبى نظرية المعلومات والتى أسسها وهو بعد لم يتعد من العمر ٢١ سنة من خلال رسالة ماجستير (نشرت عام ١٩٣٧)، والتى أظهر فيها بوضوح أن التطبيق الكهربائى للجبر البيوليانى يمكنه أن ينشئ ويحل أى علاقة منطقية عددية، والتى اعتبرت أكثر رسائل الماجستير أهمية فى كل العصور (يرجع الجبر البوليانى ذاك للعالم «جورج بول» **George Boole**).

- عام ١٩٤٠ حاز على جائزة نوبل فى مجال «الهندسة الكهربائية».

- تعتبر نظريته تلك هى الفكرة الرئيسية وراء الكمبيوتر الرقمى الإليكترونى، والتى أصبحت واسعة الانتشار خلال الحرب العالمية الثانية، والتى حلت بالفعل محل ما سبقها من أفكار.

- عام ١٩٤٥، ومن خلال اهتمامه بدراسة والتنظير لعملية السيطرة على النيران، أدى مقال له فى الموضوع، مشاركًا لآخرين إلى الانتقال

بمضمون المقال وكيفية المعالجة وكيفية الاستفادة من الذكاء إلى ما عرف بعد ذلك بعصر المعلومات، الذى تدعم بمساهمة هؤلاء العلماء (شاركه فى المقال كل من: رالف بيب بلاكمان، وهندريك ويد بود).

- فى عام ١٩٤٨ نشر مقالاً من جـزءين بعنـوان «النظريـة الرياضـية للاتصالات» والتى ركز فيها على أنجع وسيلة لتشفير معلومات يريـد أن يبعث بها الراسل، وفى هذا المقال التأسيسى استخدم أدوات مـن نظريـة الاحتمالات والتى كانت ناشئة وقتئذ، وفى عام ١٩٤٩ أتبعه بمقال مهم عن «نظرية الاتصالات فى النظم السرية».

- وثمة بحث مشهور له عام ١٩٥١ بعنـوان: «التنبـؤ وأنطروبيـا اللغـة الإنجليزية المطبوعة» أثبت فيه أن معاملة المساحة البيضاء من الـ ٢٧ حرفًا هجائيًا، عادة ما تُشرِّع عدم اليقين فى كتابة اللغة، وتمـدنا برابطـة قابلة للتكميم بين ممارسة الثقافة وأرجحية أو احتمالية الإدراك.

- وفى النهاية، وبسبب مداهمة داء «الزيهايمر» لملكاته العقلية، أصبح غيـر واع بأعاجيب الثورة الرقمية، التى ساهم أصلاً فى تأسيسها.

- **كولن بيلينجر (١٩٤٣-٠٠٠) Collin Pillinger:**

- عالم إنجليزى تَخصّص فـى الكوكبيـات، وإن كـان تعليمـه ورسـالتى الماجستير والدكتوراه الحاصل عليهما من جامعة ويلـز بسوانـسى، قـد انصبّوا على مجال «الكيمياء» وأيضًا شهادة دكتوراه العلوم الحاصل عليها عام ١٩٨٤، من جامعة بريستول فقد انصبت بدورها على الكيمياء، إلا أن جل حياته تكرست من أجل الكويكبات والأحجار النيزكيـة ومـا يتعلـق بالفلك، حتى إنه فى الفترة بين عامى ١٩٩٦-٢٠٠٠ كان أسـتاذًا للفلـك بكلية جراهام بمدينة لندن.

- ومما يذكر أنه كان الباحث الرئيسى للمهمة التى حملت اسم بيجل ٢ "Beagle 2" للهبوط على سطح المريخ كجزء من برامج وكالة الفضاء الأوروبية، والتى تُعتبر أنها فشلت بسبب نظام الباراشوت الذى استخدم فيها، وفى محاولة ثانية، والتى كانت من تصميمه أيضًا باءت بذات النتيجة فى مرحلة «الهبوط» على السطح، وتلى ذلك أن تأكد أن نظام الباراشوت ذاك هو الذى يربط بين الحادثتين.

- **لورد كيلفن (ويليام تومسون) (١٨٢٤-١٩٠٧) Lord Kelvin (William Thomson):**

- فيزيائى إسكتلندى ورياضى، استطاع أن يحسب أن حركة الجزيئات تتوقف عند درجة (-٢٧٣°) والتى اسماها: «الصفر المطلق» وهى أقل درجة برودة ممكنة.

- وكذا فهو يعد طليعيًا بالنسبة للديناميكا الحرارية والتى كان فيها أشبه بما يطلق عليه «الطفل المعجزة» حيث قادت دراساته فى هذا الميدان إلى اقتراحه عام ١٨٤٨، وهو لم يزل فى شرح الشباب بوجود مقياس مدرج مطلق لدرجات الحرارة، وهو نفس ما أدى فيما بعد لحصوله على لقب «لورد».

- وهو أيضًا معروف بما يسمى الآن تأثير جولى - تومسون عن انخفاض حرارة غاز يتمدد فى الفراغ وهو التأثير الذى أدى إلى عمل الثلاجات.

- واحد من أوائل مشروعاته، هو حساب عمر الأرض والمعتمد على مستوى برودة الكوكب باعتباره - من وجهة نظره - كان جزءًا من الشمس، والتى قدرها بحوالى مائة مليون سنة (وهو ما يختلف عن التقدير الإشعاعى فى «قلب الأرض» المعمول به حاليًا وهو ٤,٥ بليون سنة)، وحيث لم يكن على دراية بتأثير الحرارة الناجمة عن النشاط.

- اهتم كثيرًا بتطوير الأدوات العلمية، فهو الذى صمم ما يعرف بالقياس الكلفانى والذى استخدم بنجاح فى كابل تبادل البرقيات بين السفن التجارية (وهو ما حقق لـه ثـروة كبيـرة وقتئـذ)، وكـذا البوصـلة البحريـة الجيروسكوبية.

- كان أيضًا أشبه «بالطفل المعجزة» فى الرياضيات، حيث نشر أول بحث رياضى له فى سن الـ١٦، وأيضًا كان أول من أنشأ معمـلاً فيزيائيًا بالجامعة البريطانية، كما أصبح وهو لم يزل فى العشرينيات من عمره، عضوًا فى الجمعية الملكية العلمية، كما يرجع إليه الفضل فى نحت لفظة «الطاقة النشطة» = **Kinetic energy**، وأيضًا مساهماته فيما أدى للقانون الثانى للديناميكا الحرارية.

- نُشر له أكثر من ٦٠٠ بحث علمى، ولو أنه عارض بشدة الثورة العلمية الناشئة وقتها، والتى اختلفت عن العلم الذى عرفه على مدى حياته.

- من أقواله المشهورة: «إذا كنت تستطيع أن تقيس شيئًا تتكلم عنه ويمكنك أن تعبر عنه بالأرقام، فإنك تكون عرفت شيئًا عنه». وأيضًا مقولته: «لا تتخيل أن الرياضيات هى من الأمور الصعبة أو البغيضة المعقدة بالنسبة للحس العام، وإنما هى مجرد ترقيق وأثيرية (من أثير) الحس العام (أى تجعله رقيقًا كالأثير).

- **لليود ڤيرنون هاميلتون (١٨٩١-١٩٣٥) Lloyd Vernon Hamilton:**

- ممثل كوميدى أمريكى ولد فى أوكلاند بولاية كاليفورنيا وتوفى بالولاية نفسها بمدينة هوليوود.

- كان كوميديانًا كبيرًا من أبطال السينما الصامتة، واعتبر «كوميدى الكوميديانات» وهو التعبير الذى أطلقه عليه زملاء المهنة، حتى إن تشارلى شابلن على تفوقه وشهرته الذائعة وتصدره لفن الكوميديا فى العالم، ذكر عنه أنه الممثل الوحيد الذى يغار منه.

- كان مدمنًا للمشروبات الروحية، واشتهر عنه العنف عندما يصل لدرجة الثمالة، وحدث فى نهاية عشرينيات القرن الماضى أن قتل أحدهم فى مشادة معه ولم يوجه له الاتهام، إلا أن المسئولين عن صناعة الفيلم استبعدوه وحَرّموا عليه التمثيل، ولكنه عاد للعمل فى بداية السينما الناطقة، إلا أن إدمانه قضى عليه مرة أخرى.

- لقى حتفه أثناء إجراء جراحة خاصة بمتاعب فى البطن فى ١٩٣٥/١/١٩.

- **لودفيج إدوارد بولتزمان (١٨٤٤-١٩٠٦) Ludwig Edward Boltzmann:**

- فيزيائى نمساوى يُعرف بمساهماته التأسيسية للميكانيكا الإحصائية والديناميكا الحرارية الإحصائية، وكان من أبرز المتحدثين عن النظرية الذرية فى الوقت الذى كان فيه الحديث عن هذا النموذج العلمى مثارًا للخلاف والجدل.

- حصل على درجة الدكتوراه عن رسالته التى تركزت عن النظرية النشطة للغازات.

- فى يوليو ١٨٧٦ تزوج من أول من حاضرت (فى الرياضيات) بجامعة «جراز» **Graz**، وأنجب منها خمسة أطفال، وعاش حياة سعيدة تولى فيها كرسى الفيزياء التجريبية، والتى أثناءها طور مفهومه الإحصائى عن الطبيعة، وحيث أصبح عضوًا بالأكاديمية النمساوية الإمبراطورية للعلوم ورئيسًا للجامعة نفسها ثم رشح لتولى كرسى الفيزياء النظرية بجامعة ڤيينا عام ١٨٩٣، وبسبب عدم اتفاقه مع آراء زملائه فى ڤيينا خاصة إرنست ماخ **Ernst Mach** الذى أصبح أستاذًا للفلسفة وتاريخ العلوم، فقد هجر هذه الجامعة إلى جامعة ليبزج، وبعد تقاعد ماخ لسوء صحته عاد لجامعة ڤيينا، حيث حاضر فى الفيزياء والفلسفة الطبيعية والتى نجحت محاضراته فيها بشكل كبير.

- عانى بعد ذلك من الاكتئاب المزمن وسرعة الاستثارة والغضب إلى أن مات منتحرًا فى النهاية.

- **لويس باستير (١٨٢٢-١٨٩٥) Louis Pasteur:**

- كيميائى فرنسي وإخصائى في مجال الميكروبات، ومعروف على مستوى العالم على ما أحرزه من إنجازات علمية فى مجال منع حدوث الأمراض حيث أكدت تجاربه نظرية الأصل الجرثومي للأمراض، والإقلال من ضحايا حمى النفاس (التى تصيب الوالدات حديثًا)، كما أنشأ أول فاكسين (مصل) لما يعرف بداء الكلب، كما يعرف عالميًا بابتكاره عملية البسترة للألبان والأنبذة (والتى تعنى التعقيم الجزئى من خلال حرارة تقتل المتعضيات دون إحداث تغيير جوهرى كيميائى فى المادة الجارى بسترتها).

- وهو أيضًا أحد ثلاثة أسسوا علم الميكروبات «ميكربولجى» وله عدة اكتشافات فى ميدان الكيمياء أكثرها شهرة ما يعرف بلا تناسق أو تماثل الكريستال.

- تم دفنه بعد مماته تحت مبنى معهد باستير فى تشريف نادر بفرنسا بخلاف الثلاثمائة العظام المدفونين بالبانثيون **PanthÀÀéon**.

- مما يذكر أنه نشأ فى مدينة أربوا **Arbois** الفرنسية والتى حاز فيها بيتًا أقام فيه معمله، والذى أصبح الآن «متحف باستير» وفى عام ١٨٤١ تزوج من ابنة رئيس جامعة ستراسبورج وأنجب منها خمسة أطفال، لم يعش منهم سوى اثنين حتى سن البلوغ، وعاش طوال حياته ككاثوليكى متحمس ومُتّقد التدين.

- لين مارجوليس Lynn Margulis:

- ولدت بالولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٣٨.

- بيولوجية أمريكية، وتعمل أستاذة بجامعة ماساشيستيس، وأكثر ما تُعرف به هو نظريتها عن أصل الكائنات العضوية المصنفة تحت نوع الـ «إيكاريوت» (ويعنى الحقيقى النواة أى تتمتع خلاياه بنوى حقيقية محاطة بغشاء نووى)، وكذا مساهمتها الفعالة فى مجال نظرية التكافل بين هذه الكائنات وهى النظرية المقبولة على نحو عام بالنسبة لكيفية تشكل أنواع معينة من ذوات البنى الدقيقة التحت خلوية ذات التخصص الوظيفى المحدد والدقيق (ويطلق عليها: العضيِّات).

- وكان مناط هذه المساهمة المهمة بحثًا كتبته عام ١٩٦٦، وهى لم تزل حديثة عهد بهيئة التدريس الجامعى بعنوان: «أصل طريقة الانقسام الخلوى للخلايا الإيكاريوتية»، والذى رفضت معظم المجلات العلمية نشره، والذى أصبح بعد حوالى ١٥ عامًا من نضالها وتمسكها بموقفها علامة فارقة فى النظرية الحديثة للتكافل الداخلى للكائنات، والتى كانت مستقاة عن أفكار رددها علماء أواسط القرن الـ ١٩ وأوائل القرن العشرين. إلا أن وجه الاختلاف عندها أنها اعتمدت بشكل مباشر على ملاحظاتها المباشرة على الميكروبات (وربما غير المتوافقة مع ملاحظات الأحاثة «الحفريات» وعلوم الحيوان والتى ميزت تطور علوم البيولوجى).

- وفى كتابها الذى أصدرته عام ١٩٧٠ بنفس عنوان البحث المشار إليه، شرحت أبعاد نظريتها المتمركزة حول أن عديدًا من الكائنات المصنفة: بروكاريوت (وهو المصطلح الذى استخدمه لأول مرة العالم الفرنسى **Chatton** للدلالة على خلايا ذات مادة وراثية ولكن غير محاطة بغشاء نووى: «طليعيات النوى») تكافلت مع بعضها البعض وعاشت على هذا

النحو ملايين السنين إلى أن تمحورت عن خلايا إيكاريوتية، وهى النظرية التى أصبحت مناطًا للتعرف على كيفية بزوغ وتشكل بعض البنى الدقيقة التحت خلوية رغم تخصصها الوظيفى الدقيق "**organelle**".

- وقد أدى هذا المنحى فى التنظير إلى اتجاه يفسر كيف للعلاقات التكافلية بين كائنات عضوية من نوعية أو ممالك مختلفة أن تشكل مناطًا أو قوة للتطور، حيث يكون التنوع الجينى، من المفترض أنه يحدث أساسًا كنتيجة لنقل معلومات نووية بين خلايا باكتيرية أو فيروسية أو إيكاريوتية، كما يمكن القول بأن أفكارها كانت حافزًا لبعض الأفكار السائدة حاليًّا فيما يتعلق بالجينوم البشرى.

- **لى سمولن Lee Smolin:**

- كان مولده فى مدينة نيويورك عام ١٩٥٥.
- فيزيائى نظرى أمريكى يعمل باحثًا فى معهد الفيزياء النظرية وأستاذًا مساعدًا فى الفيزياء بجامعة واترلو.
- من أكثر ما يعرف عنه اقتراحه مختلف الاقترابات للجاذبية الكمية، خاصة فى حال انقلابها، وكذا نظرية الأوتار الكونية، كما تمتد اهتماماته إلى الكونيات ونظرية الجسيمات الأولية وأُسس ميكانيكا الكم والبيولوجيا النظرية.
- من أشهر اقتراحاته ما يتعلق بنظرية الأكوان المتعددة و«الولودة» وبما يعنى إضفاء طابع الاختيار للطبيعة الكونية، والتى تستخدم مبادئ التطور البيولوجى، مشيرًا إلى أن العوالم تتطور عبر إنتاج الثقوب السوداء.
- نُشر له كتاب «المشكلة مع الفيزياء» **"The Trouble with physics"**، وكانت فيه وجهات نظر متعددة واقترابات متنوعة

للعلم والأخلاقيات ومهاجمة حادة لنظرية الأوتار، بما أثار جدلاً واسعًا وتحديات كبيرة وأيضًا انتقادات من جانب القائلين بالنظرية.

- من وجهات نظره الشهيرة أن نظرية ميكانيكا الكم ليست نهائية.
- له كتابان آخران بعنوانيّ: «حياة الكون» عام ١٩٩٩ و«ثلاثة سبل للجاذبية الكمية» عام ٢٠٠١.

- **ليزلى إليزير أورجل (١٩٢٧-٢٠٠٧) Leslie Eleazer Orgel:**

- كيميائى بريطانى تخرج فى جامعة أوكسفورد مع مرتبة الشرف الأولى وحصل على الدكتوراه من الجامعة نفسها عام ١٩٥١ وبدأ حياته كمنظر فى الكيمياء العضوية واستكمل أبحاثه فى معهد كاليفورنيا للتقنية وجامعة شيكاجو، ثم التحق عام ١٩٥٥ بقسم الكيمياء بجامعة كامبريدج، ليكمل مساره فى مجال كيمياء إنتقال المعادن؛ وكتب عدة مقالات عن ذلك وأصدر كتابًا بالعنوان نفسه، ثم انتخب أستاذًا باحثًا فى معهد سولك **Salk** للدراسات البيولوجية، حيث أدار معهدًا للتطور الكيميائى، كما عمل أستاذًا مساعدًا فى قسم الكيمياء والكيمياء العضوية بجامعة كاليفورنيا، كما كان واحدًا من الباحثين الرئيسيين بوكالة ناسا للبيولوجيا المتطورة، وشارك فى مهمة الهبوط على المريخ كعضو من فريق تحليل الجزيئات وعبر تصميم بعض الأدوات التى حملتها الروبوتات معها إلى الكوكب.
- تقاطعت أعماله مع الميدان الاقتصادى عبر صناعة ما يعرف باسم سيتارابين "**Cytarabine**" وهو أحد العناصر السائدة حديثًا كمضاد للسرطان (وتجدر الإشارة هنا إلى موته بذات المرض).
- فى عام ١٩٧٠ اقترح إعادة النظر فى فرضية الـ: بانسبيرميا **Banspermia** (الديدان أو البذور فى كل مكان) والتى اقترحت أن أشكالاً من الحياة لم تكن أصلاً فى الأرض ولكن جاءتها عبر الأحجار النيزكية،

كما اقترح هو وزميل له أن أحماض جزيئات البيبتيدات (وهى جزيئات تنتج عن ارتباط حمضين أمينين أو أكثر وتعد وحدات بنائية رئيسة فى جزيئات البروتين) هى التى أسست النظم القبل حيوية وقدرتها على النسخ الذاتى، وبأكثر من الأحماض الريبية النووية (التى تحوى ما يعرف بالريبوز «السكر الخماسى»، والذى يحوى ما يعرف بالناقل والمرسال والريباسى والتى تقوم بنقل المعلومات الوراثية من الدنا إلى الرنا) وقد يُنصح هنا بالعودة للفصل الخاص بهذا الموضوع فى الكتاب.

- تعود شهرته على المستوى الشعبى إلى ما يعرف بـ: «قواعد أورجل»، وبصفة خاصة القاعدة الثانية منها والتى تقول: «إن التطور أكثر مهارةً منك شخصيًا».

- وفى كتابه «أصول الحياة» صك عبارة: التعقيد المنتقى **"Specified Complexity"** واصفًا به المعيار الذى على أساسه تتميز الكائنات العضوية الحية عن المادة غير الحية، وذلك فضلاً عن أكثر من ٣٠٠ مقال فى نطاق ذات الموضوع.

- **مارسلين بيرتيلوت (١٨٢٧-١٩٠٧) Marcellin Berthelot:**

- كيميائى فرنسى (وسياسى أيضًا) يعرف بأنه واحد من عظماء الكيمياء فى كل العصور، ويعرف فى مجال الكيمياء الحرارية **thermochemistry** بتأسيسه المبدأ المعروف باسم تومسون - بيرتيلوت، وبتركيبه عدة عناصر حية من عناصر غير عضوية، داحضًا بذلك نظرية الحيوية **Vitalism**.

- وتقلد بعدها عدة مناصب جامعية من بينها كرسى الكيمياء العضوية الذى أنشئ من أجله بالكوليج دى فرانس وعضوية كلية الطب عام ١٨٦٣، وبعدها بعشر سنوات انضم لأكاديمية العلوم وعام ١٨٨٩ خلف لويس

باستير فى منصبه ثم أصبح وزيرًا للإنشاءات فى وزارة رينى جوبلى (١٨٨٧-٨٦)، ثم وزيرًا للخارجية فى الوزارة التى سميت بالبورجوازية (١٨٩٥-١٨٩٦) وتم الاحتفال بيوبيله الفضى العلمى بباريس عام ١٩٠١.

- يتركز المفهوم الأساسى لبيرتيلوت فى الكيمياء فى أن كل الظواهر الكيميائية تعتمد على حركة القوى الفيزيائية التى يمكن تحديدها وقياسها، وبذلك بالمخالفة لما كان سائدًا قبلها، ولذا قدم معارضة أثارت جدلاً من خلال نتائج لعديد من الهيدروكربونات والشحومات أو الدهنيات والسكريات وأجسام أخرى، مبرهنًا على أن العضويات يمكن تشكلها على نحو عادى عبر معالجة كيميائية ومن ثم تخضع لنفس القوانين التى تخضع لها العناصر غير العضوية، وبالتالى فإن الظواهر الكيميائية لا تحكمها قواعد أو قوانين خاصة بها، وإنما يمكن تفسيرها وشرحها بمصطلحات الميكانيكية القائمة بالكون، وهى وجهة النظر، التى دعمها بآلاف التجارب والتى قدمها فى مؤلفه «الميكانيكا الكيميائية» عام ١٨٧٨ و «الكيمياء الحرارية» عام ١٨٩٧.

- وهذا الفرع من الدراسة وَجّهه بشكل طبيعى للبحث فى مجال المفرقعات، ومن الناحية النظرية أدى للنتائج التى ظهرت فى كتابه عن «المواد المفرقعة» عام ١٨٧٢، ثم عمليًا أدى إلى الخدمات الجليلة لبلاده وقت رئاسته مؤتمر الدفاع العلمى، وبالتالى رأس المؤتمر الفرنسى للمفرقعات إبان فترة حصار باريس.

- من بين كتبه المراجع «جذور الخيمياء» عام ١٨٨٥، «مقدمة للكيمياء القديمة وفى العصر الميونى **moyen**» عام ١٨٨٩، وهذا بخلاف ترجمات مختلفة للكتب الإغريقية القديمة فى ذات المجال.

- توفى من فوره إثر وفاة زوجته ودفنا معًا بباريس فيما يعرف بالبانثيون **Panthéon**.

- **مانفريد إيجين Manfred Eigen:**

- مولود بألمانيا عام ١٩٢٧.

- فيزيائى عضوى ألمانى والمدير السابق لمعهد ماكس بلانك الشهير لكيمياء الفيزياء العضوية فى جوتنجن وحاليًّا أستاذ شرف بجامعة التكنولوجيا بميونخ. حصل عام ١٩٦٧ مع كل من رونالد جورج نوريسن وجورج بورتر على جائزة نوبل للكيمياء.

- من بين كتبه: «الدائرة المفرطة: مبدأ التنظيم الذاتى» عام ١٩٧٩، ومع آخر: «قواعد اللعبة: كيف تحكم المصادفة مبادئ الطبيعة» عام ١٩٩٣، و «التنظيم الذاتى للمادة والتطور البيولوجى للجزيئات الماكروية"، كما أعد بحثًا نظريًا مهمًا ومؤثرًا عن الكيمياء العضوية لأصل الحياة.

- **مارى شيللى (١٧٩٧-١٨٥١) Mary Shelley:**

- روائية إنجليزية معروفة بالقص الذى ينتسب للطراز القوطى(*) والروايات التاريخية. والتى استلهمها العلماء فى تصور شكل للحياة فى بداية تطورها، كما ألهمت روائيين آخرين وأيضًا صناع الأفلام السينمائية، كما أنها تزوجت من الكاتب الرومانسى بيرسى بيش شيللى **Percy Bysshe Shelley**، والذى حصلت منه على لقبها.

- كما يذكر أنها ابنة الروائى والكاتب الصحفى والفيلسوف المعروف وأم مشهورة بالمناداة بالمساواة بين الجنسين وبأنها تقوم بدور تثقيفى وكاتبة وفيلسوفة، ولكنها توفت بعد الولادة بعشرة أيام جراء ما يعرف بحمى ما بعد الحمل والولادة «النفاس».

(*) طراز فنى نشأ فى شمال فرنسا وانتشر فى أوروبا منذ قرابة منتصف القرن الـ ١٢ إلى أوائل القرن الـ ١٦ الميلادى. (المترجم).

- وهى لم تذهب إلى مدرسة، وإنما تعلمت على يد والدها ومديرة المنزل التى توثقت علاقتها بها لدرجة كبيرة، وإلى الحد الذى من أجله طردها الوالد ومنع اتصال أبنائه بها، وتزوج بعدئذ من امرأة سريعة الانفعال وحادة اللسان لم تجر علاقتها مع الأبناء على وجه حسن.

- وعندما كانت فى الحادية عشرة نشرت أول مقطوعات شعرية لها، ولإبعادها عن زوجة والدها أُرسلت لتعيش مع أسرة فى الريف الإسكتلندى، حيث نمت موهبتها الروائية بتشجيع من تلك الأسرة، والتى كانت تقطن بالجزء الشاحب والكئيب من شواطئ نهر تاى **Tay**، ولكن كانت المنطقة بجبالها ومشاهدها العامة الرائعة مصدرًا لانطلاق خيالها وسببًا لنشأة علاقة حميمة بينها وبين الأشياء من حولها، وهو ما انعكس على معظم ما كتبته على رغم حرصها على ألا تكون بطلة ما ترويه من قصص وأحداث.

- **مارتن ريس Martin Rees (Baron of Ludlow):**

- مولود بإنجلترا عام ١٩٤٢.

- فلكى إنجليزى تخصص فى الكونيات والفيزياء الفلكية، تلقى العلم فى كلية ترينتى وكامبريدج والتى أصبح رئيسًا لها عام ٢٠٠٤، وفى العام التالى أصبح رئيسًا للجمعية الملكية بإنجلترا.

- نشر إبان حياته ما يزيد على ٥٠٠ بحث، ومن إسهاماته المهمة ما يتعلق بموجات أشعة خلفية الكون وكيفية تجمع المجرات على شكل عناقيد، كما أكدت دراسته عن أشباه النجوم دليلاً قويًا ضد «الكون الثابت»، كما كان من بين أوائل من اقترحوا أن الثقوب السوداء الهائلة هى التى تغذى أشباه النجوم بالقوة.

- حصل على عدة جوائز تشريفية ما بين عامى ١٩٨٤ و٢٠٠٧، على رأسها جائزة ميشيل فارادى عام ٢٠٠٤ وجائزة كرافورد عام ٢٠٠٥، وهو العام الذى حصل فيه على لقب بارون لودلو، كما أن ثمة حجرًا نيزكيًا رقم ٤٥٨٧ مسمى باسمه تشريفًا وتكريمًا له.

- من بين كتبه «المصادفات الكونية: المادة السوداء، البشرية والأنثروبية» فى أواخر عام ١٩٨٩، «مشهد جديد فى الفيزياء الفلكية الكونية» عام ١٩٩٥ و «الغواية القدرية أو الحاسمة للجاذبية: الثقوب السوداء فى الكون» عام ١٩٩٥، أيضًا و«قبل البداية – كوننا والأكوان الأخرى» عام ١٩٩٧، و«السكان الكونيين» عام ٢٠٠١، «قرننا الأخير: هل سيقاوم نوعنا البشرى للبقاء فى القرن الواحد والعشرين؟» والذى تمثل تحذير عالم بشأن كيف للرعب والخطأ والمآسى البيئية أن تهدد مستقبل البشرية فى هذا القرن – على الأرض وما وراءها؟

- **مونيكا جرادى Monica Grady:**

- مولودة فى إنجلترا عام ١٩٥٨.

- عالمة إنجليزية رائدة فى علوم الفضاء وتعرف بشكل رئيسى باشتغالها على الأحجار النيزكية، وهى حاليًا تعمل أستاذة لعلوم الفضاء والكواكب بالجامعة المفتوحة وقبلها عملت فى متحف التاريخ الطبيعى حيث ساهمت فى تصحيح وإعادة تصنيف مجموعة الأحجار النيزكية. وكانت قد أتمت رسالتها للدكتوراه فى كلية داروِن بكامبريدج عام ١٩٨٢ حول الكربون فى الأحجار النيزكية والتى بعدها بدأت بناء سمعتها العالمية فى هذا المجال.

- في عام ٢٠٠٣ قدمت للمعهد الملكي عدة محاضرات بعنوان:"رحلة في الفضاء والزمن"، وفي النهاية قدمت للدكتور جيمس جاكسون الحجر النيزكي المرقوم ٤٧٣١ والذي أطلق عليه اسمها كتشريف لها.
- متزوجة من أيان رايت **Jan Wright** إخصائي الأحجار النيزكية بدوره.
- من بين مؤلفاتها «دليل الأحجار النيزكية» عام ٢٠٠٠، «البحث عن الحياة» عام ٢٠٠١، و «البيولوجيا الفلكية» في العام نفسه.

- **ميشيل راسل (Michael Russell (Mike Russell:**

- ولد في إنجلترا عام ١٩٥٣.
- من أعضاء البرلمان الإنجليزي عن منطقة جنوب إسكتلندا، عمل في بداية حياته بالتليفزيون إلى أن كون شركته الإعلامية الخاصة، كما سبق أن ترأس تنفيذيًا المحطة التليفزيونية في الفترة من ٩٤ إلى ١٩٩٩ قبل انتخابه للبرلمان، والذي فقد مقعده فيه عام ٢٠٠٣ ثم أعيد انتخابه مرة أخرى عام ٢٠٠٧ وعين وزيرًا للبيئة.
- ألف كتابًا مع آخر ضمنه وجهات نظره المتطورة والثورية تحت عنوان «الإمساك بالأشواك أو الحنظل **Grasping the thistle**».

- **ميشيل (مايكل) كار (١٩٤٦-١٩٩٠) Michael Carr:**

- سياسي إنجليزي انضم لحزب الأحرار الديمقراطيين، وكان قبله منتميًا لحزب المحافظين، واستقر أخيرًا بحزب العمال، تعرض لعدد من الانتكاسات الانتخابية وبعض النجاحات، وإن فاز بعضوية البرلمان الإنجليزي عن العمال، ولكن لمدة ٥٧ يومًا من انتخابه حتى وفاته الباكرة بسبب هبوط في القلب، إثر اجتماع صاخب

وساخن أثيرت بشأنه، وبدفع من زوجته، عدة مزاعم وتحقيقات بشأن إهمال طبى حدث فى واقعة الوفاة ولكنها لم تثمر عن أى إدانة لأحد.

- **ميشيل كولنز Michael Collins:**

- مولود بالولايات المتحدة عام ١٩٣٠.

- رائد فضاء أمريكى سابق وطيار اختبار، اُختير عام ١٩٦٣ كواحد من المجموعة الثالثة من ١٤ رائد فضاء، قضى فى الفضاء ١١ يومًا وساعتين وأربع دقائق عبر رحلتين، الأولى منهما هى جيمنى ١٠ "**Gemni 10**"، حيث قام تحت قيادة جون يونج بالالتقاء مع سفن فضائية أخرى، وكانت الرحلة الثانية هى أبوللو ١١ "**Apollo 11**"، حيث تولى قيادة سفينة الفضاء فى مدار القمر، بينما كان زميلاه نيل أرمسترونج وبنز ألدرين يضعان أرجلهما على سطح القمر فى أول جولة بشرية هناك.

- تخرج فى الأكاديمية الحربية الأمريكية، والتحق بالقوات الجوية الأمريكية وتنقل بين عدة مناصب، بالمخالفة لرغبة والدته فى أن يعمل بالمجال الدبلوماسى إلى أن انتهى به الأمر كرائد فضاء.

- وبعد تقاعده من مؤسسة ناسا حصل على وظيفة مساعد مدير للشئون العامة بوزارة الخارجية الأمريكية وبعدها بعام واحد أصبح مديرًا للمتحف الوطنى الجوى للفضاء حتى عام ١٩٧٨، ثم التحق بسكرتارية المعهد السمبسونيالى **Smithsonian** وفى عام ١٩٨٠ أصبح نائبًا لرئيس الـ **LTV** للطيران الفضائى، وتقاعد عام ١٩٨٥ ليتفرغ لعمله الخاص.

- ابنته كيت **Kate** ممثلة تليفزيونية من أبرز ما لعبته وحاز على شعبية هو دورها فى المسلسل الأمريكى الشهير: «كل أبنائى».

- نورم سليب Norm Sleep:

- تخرج فى جامعة ولاية ميتشجان، ثم حصل على الماجستير والدكتوراه فى الرياضيات وفيزياء الأرض geophysics من معهد ماساشوسيتس للتقنية وذلك عام ١٩٧٣، وعمل بنفس المعهد كباحث مساعد، وبعدها أستاذًا مساعدًا لفيزياء الأرض بجامعة نورث وستيريد ثم بجامعة ستانفورد ثم أستاذًا لنفس المادة ومعها الجيولوجيا بالجامعة الأخيرة وحتى الآن.

- حصل على عدة جوائز وميداليات وعضوية جمعيات أمريكية جميعها تتصل بذات المجال الذى تخصص فيه وبالتقدم العلمى بصفة خاصة.

- نيل أرمسترنج Neil Armstrong:

- (مولود بولاية أوهايو بأمريكا عام ١٩٣٠).

- رائد فضاء متقاعد أمريكى قضى فى الفضاء مدة ٨ أيام و١٤ ساعة و١٢ دقيقة عبر رحلتى جيمنى ٨ وأبوللو ١١، ويعرف تاريخيًا بأنه أول من وضع قدمه على سطح القمر عام ١٩٦٦، ثم مع زميله بز ألدرين Buzz Aldrin فى المرحلة التالية عام ١٩٦٩ حين قضيا ٢,٥ ساعة فى استكشاف سطح القمر، بينما كان زميلهما الثالث مايكل كولنز Michael Collins يدور فوقهما لحين التقاطهما.

- وقبل أن يصبح رائدًا فضائيًا عمل أرمسترونج كطيار فى البحرية الأمريكية وشهد الحرب الكورية وبعدها خدم كطيار اختبار للطيران السريع حيث حلق لمدة ٩٠٠ رحلة فى طائرات مختلفة التصاميم ومتعددة الأغراض، وكان قبلها قد اضطلع بعدد ٧٨ مهمة حربية فى كوريا بإجمالى ١٢١ ساعة أصيبت طائرته فى إحداها ولكنه أُنقذ بواسطة الكرسى القاذف، وحصل على عدة ميداليات عن مهامه تلك.

- ومما يذكر أنه عمل أيضًا بالتدريس الجامعى فى مجال الطيران (حاصل أيضًا على بكالوريوس هندسة الطيران) وأيضًا فى الملاحة الجوية والطيران البحرى.

- متزوج منذ يناير ١٩٥٦ وله ثلاثة أبناء (ولدان وابنة) وإن كانت ابنته قد توفيت بمرض السرطان فى الذكرى السادسة لزواجه.

- **هانز دريتش (١٨٦٧-١٩٤١) Hans Adolf Eduard Driesch:**

- بيولوجى ألمانى وأيضًا فيلسوف، يعرف بإنشاء تجربة أثبت فيها أن تعديل أو فصل ما تعرف بالخلايا البلاستولية **blastomeres** من محتوى بيضة حديثة ربما يؤثر على أمور متعددة، ولكنه لن يؤثر على النمو الطبيعى للجنين المرتقب، وهو ما اعتبر إثباتًا على أن الموناد **monad** (الوحدة الواحدة أو جوهر الوجود) فى البيضة قادرة على تشكيل أى جزء فى الجنين.

- وقد اشتغل بذلك على قنفذ البحر **urchin** حين فصل خليتين من جنينه، متوقعًا أن كل خلية ستتطور إلى جزء من الجنين، إلا أن كلاً من الخليتين تحولتا إلى جنين متكامل للقنفذ، وهو نفس ما حدث مع أربع خلايا تحولت بدورها إلى أربعة أجنة، حيث خرجت من كل منها يرقانة ولو أنها كانت أصغر من المعتاد، وهو ما أدى إلى نحت مصطلحات فى وصف الخلية «ككل الصلاحيات» **totipotent** أو «متعددة الصلاحيات» **pluripotent**.

- وبالاستعارة من فلسفة أرسطو اقترح أن للحياة استقلالها الذاتى بناء على ذاك الإصرار الحيوى المتبدى فى تجربته، وأن تطور علوم الأجنة يعطى الأدلة على ذلك.

- وهو ما كان قد سماه مسبقًا بـ: «شبه النفسى» **psychoid** والتى عنى بها أن أى جوهر به حياة واعدة على نحو نفسى ذاتى بأكثر من كونها تميل

للحيزيّة أو المكانية، أو الانتشارية، وله أغراض كمية وكثيفة وخواص متعددة، وهى الفكرة التى لم تلق ترحيبًا كبيرًا، بل عورضت بشدة.

- **هارولد أوراى (١٨٩٣-١٩٨١) Harold Urey:**

- كيميائى فيزيائى أمريكى حاصل على جائزة نوبل فى الكيمياء عام ١٩٣٤ بسبب عمله الرائد فى مجال النظائر والذى قاده إلى نظريات تطورية هائلة.

- كتب مع آرثر روارك كتابًا بعنوان «الذرات والكمومية والجزيئيات» وهو واحد من أوائل الكتب عن تطبيقات ميكانيكا الكم فى النظم الذرية والجزيئية، وأصبح بعدها مهتمًا بالنظم النووية وهو الاهتمام الذى أدى به إلى اكتشاف الديوتيريوم **deuterium** (الهيدروجين الثقيل) وبالتالى إلى إثبات وجود ما يعرف بالماء الثقيل.

- أثناء الحرب العالمية الثانية عمل مع فريقه على تطوير مشروعات بحثية دعمت مشروع القنبلة الذرية بمانهاتن، والأكثر أهمية أنهم نجحوا فى تطوير أسلوب الانتشار الغازى الذى أدى إلى فصل اليورانيوم ٢٣٥ من اليورانيوم ٢٣٨.

- وفى حياته المتأخرة ساعد فى تطوير مجال الكيمياء الكونية، حيث قاده عمله على الأكسجين ١٨ إلى تطوير نظريات عن وفرة العناصر الكيميائية على الأرض كنتيجة لوفرتها فى تطورات النجوم، وقد لخص آراءه تلك فى كتابه المعنون «الكواكب: أصلها وتطوراتها» (عام ١٩٥٢).

- أعلن – أيضًا – أن الجو الأرضى الباكر ربما اشتمل على الأمونيا والميثان والهيدروجين، وهو ما دفع أحد تلاميذه «ستانلى ل. ميللر» إلى القول: لو أن مثل هذا الخليط من العناصر قد تعرض

لأشعة فوق بنفسجية وماء، فيمكنه أن ينشئ أحماضًا أمينية، والمعروف بشكل عام أنها تشكل لبنات بناء الحياة.

- بعيدًا عن حصوله على جائزة نوبل، فقد حصل على عديد من الجوائز العلمية المهمة، كما أطلق اسمه على مبنى الكيمياء بكلية ريفيل وعدة مدارس فى أمريكا وعلى عدة نيازك وإحدى الفوهات البركانية على القمر، كما أنشئ كرسى جامعى باسمه - ناهيك عن تقلده عدة مناصب جامعية وبحثية سابقة على مدى حياته.

- **هـ. جاى ميلوش H. Jay Melosh:**

- ولد فى يونيو عام ١٩٤٧.

- جيوفيزيقى أمريكى حصل على الدكتوراه عام ١٩٧٢ فى الفيزياء والجيولوجيا من جامعة كالتيك **Caltech**، وتتركز اهتماماته فى التصادمات الكونية والحفر الناجمة عنها، وتغير قشرة سطوح الكواكب، وكذا فى فيزياء الزلازل والانهيارات الأرضية، كما تهتم بحوثه المتأخرة بأصل التصادمات للمذنبات، والتى بالتحديد قضت على الديناصورات وأدت إلى قذف الصخور بعيدًا وانفصالها عن أجسامها الأم.

- يعتبر من الناشطين فى الدراسات المتصلة أساسًا بتبادل الكائنات المتناهية الصغر بين الكواكب (وهو الإجراء المسمى «ديدان أو بذور فى كل مكان» **Panspermia**، والذى يعرف بمصطلحاته هو **"transpermia"**).

- وفى عام ١٩٨٩، نشرت له جامعة أوكسفورد كتابة المعنون: «التصادمات الكونية: عملية جيولوجية».

- يتمتع بعضويته فى عدة اتحادات أمريكية مهمة تتصل بعلوم

الجيوفيزيقا والصخور النيزكية والفلك عمومًا والعلوم المتقدمة، وفى عام ٢٠٠٣ رُشِّح للأكاديمية الوطنية للعلوم، وفى مجال التشريفات فهو يحمل ميدالية بارينجر **Barringer** لجميعة الأحجار النيزكية.

- **هنرى برجسون (١٨٥٩-١٩٤١) Henri Bergson:**

- فيلسوف فرنسى حظى بأهمية كبرى على مدى النصف الأول من القرن العشرين.

- ولد فى نفس العام الذى نشر فيه داروين كتابه المعنون «أصل الأنواع»، متحدرًا من أسرة يهودية (والده يهودى بولندى ووالدته يهودية ذات أصول إيرلندية إنجليزية)، وتلقى فى الليسيه تعليمًا دينيًا يهوديًا، ومع ذلك فقد إيمانه بعد وقوفه على نظرية التطور التى تدعى أن الإنسان تحدر من أصل قرد، ومع ذلك، فإنه وهو فى عمر الثامنة عشرة حصل على أكثر من جائزة على نبوغه فى حل مسألة رياضية، والذى يعتبر أول عمل منشور له قبل أن يحسم أمره فى مستقبله هل يوهبه للعلم أم للإنسانيات.

- بدأ اتجاهه للإنسانيات يتحدد بنشره تلخيصًا لأشعار لوكريتس **Lucretius** مدعومًا بنقده للمادية الكونية وبعدها أطروحته المطولة عن «الزمن والإرادة الحرة» ومعها آراء عن أفكار أرسطو عن الموضوع، وهى التى حصل بها على الدكتوراه من جامعة باريس عام ١٨٨٩.

- قرأ أعمال داروين ولامارك (صاحب نظرية السلوك المكتسب بالوراثة)، ومفضلاً فكرة الأول عن التنوع التدريجى والتى تواءمت مع منظوره للحياة، وفى عام ١٨٩٦ أطلق عمله الصعب والماهر معًا بعنوان: «المادة والذاكرة» الذى ضمنه بحثًا عن

وظيفة الدماغ وتحليلاً للإدراك والذاكرة، بما يقود إلى تقدير معتبر لمشكلات العلاقة بين الجسم والعقل.

- وفى الأيام الخمسة الأولى من أغسطس ١٩٠٠ حيث انعقد أول مؤتمر دولى للفلسفة بباريس قرأ بحثًا مهمًا عن «الأصول النفسية للاعتقاد فى ظل قانون السببية"، وبعدها بعام نشر عملاً يعد من أهم أعماله بعنوان: «الضحك» فى محاولة لفهم أحد أوجه الحياة ومعنى الكوميديا ودورها فى حياة المرء.

- ومن بين ما يعرف عنه أيضًا أنه درس علم البيولوجى، كما حصل على كرسى الطب التجريبى المنسوب لكلود برنار فى الكوليج دى فرانس، ومن قبلها كرسى الفلسفة الحديثة بجنيف.

- **هورست – إبيرهارد ريشتر Horst- Eberhard Richter:**

- ولد فى أبريل ١٩٢٣.

- فى عام ١٩٦٢ تم اختياره مُقيّمًا لعلم التطبيب النفسى وأسس معهدًا له، إلا أن كتبه الأولى تعد من الكلاسيكيات فى آداب هذا العلم ولكنه ما بين العامين ٧٢ و١٩٨١ حرر خمسة كتب اعتبرت بمثابة عهد جديد لهذا النوع بين العلاج.

- ممارسته الأمر فى عيادته وسعت ادراكه واتصالاته، كما تطرق الأمر للاتصال بعديد من السياسيين حتى انخرط فى مؤتمرات عقدت من أجل منع التسليح مثل «الآثار النفسية للحياة فى مظلة التهديد النووى» الذى عقد فى كامبريدج عام ١٩٨٢ و «الأسس النفسية لمنع التسليح النووى» والذى أقيم فى موسكو عام ١٩٨٥ و «مخاطر الحرب النووية ومحاولة منع قيامها» وتم عقده فى واشنجطون عام ١٩٨٦، وبذلك أصبح من أبرز المتحدثين وصاحب أعلى صوت ينحو للسلم فى بلده وفى العالم بأسره.

- وتطــور الأمــر إلــى تشكيلــه ما يعــرف اختــصــارًا بـــ "IPPNW" بهدف تجميع الأطباء وينحو إلى إبراز الآثار المــدمرة للحــرب النوويــة ومحاولة منعها، والذى قام هو بإعلانه عبر ما يعرف بإعلان فرانكفــورت، والذى دعا فيه إلى «قَسَمْ» طبى جديد. وفــى عــام ١٩٩١ تمــددت هــذه المؤسسة أو المنظمة وأصبحت مسموعة من خلال الإعلام العالمى.

- على الرغم من معارضة معظم السياسيين لتوجهاتها – وإلى عــام ١٩٩٤ وما بعدها إلى حتى ١٩٩٩ عقب حرب حلف الأطلنطى ضد يوجــسلافيا أعلنت الميديا ما يشبه معنى موت منظمات الدعوة للسلام إلا أنه كان لــه رد فعل أبرز فيه أن منظمته لم تمت، إنما ومن خلال تزايد عدد المنتسبين لها واطراد منشوراتها وكتبها ومحاضراتها المتميزة فى المؤتمرات التــى *تعقدها، قد تَغَيّرت فقط إلى ما يعرف بثقافة السلام* ***"culture of peace"***.

- وعلى ذلك، فهو يعد أكثر مــن زود منظمــة الأطبــاء تلــك بالأفكــار والأطروحات والتحاليل والخطب وورش العمل المختلفة والناشطة.

- **هيرمان فون هيلمهولتز (١٨٢١–١٨٩٤) Hermann Von Helmholtz:**

- فيزيائى ألمانى وهب حياته بأكملها للعلم بناء على أسس عقلانيــة حتــى أصبح من أبرز رجال القرن ١٩، ارتاد خلالها عدة منــاطق فــى العلــم كرياضيات العين ونظريات الرؤية ومن بينها رؤيتنا للفضاء وعلم نفــس وظائف الأعضاء، وله أبحاث فى رؤية الألوان والإحــساس بالنغمــات، وإدراك الأصوات، وعلم التطبيب التجريبى. ويعرف فى مجال الفيزيــاء بنظرياته عن حفظ الطاقة، وأعماله فــى الــديناميكا الكهربيــة وكيميــاء الديناميكا الحرارية والأسس الميكانيكية لها – وفوق كل ذلك فقد كــان ذا باع فلسفى فى مجال فلسفة العلم وعلوم الجمال وأفكار عــن قــوة مدينــة العلوم، كما تسمى معهد كبير للعلوم باسمه تشريفًا له.

- كان أول إنجاز علمى له هو اكتشافه ما يتعلق بقانون حفظ الطاقة أثناء بحثه فى التمثيل الطبيعى للعضلات ومحاولة إثبات أنه لا طاقة مفقودة خلال تحريك العضلات وذلك على خلاف ما كان مترسخًا فى تقاليد فلسفة العلوم العصبية وقتئذ.

- **وليم ساسلو William C. Saslaw:**

- حاصل على الدكتوراه من جامعة كامبريدج ويعمل حاليًا أستاذًا بجامعة فيرجينيا.

- تتركز أبحاثه بصفة أساسية على جاذبية المجموعات العنقودية فى *التشكلات ذات الحجوم الكبيرة (الكونيات)* وله دور نشيط - بين أدوار أخرى - مع علماء مؤسسة **NRAO**، والذين يعكفون على دراسة التصوير *بالعدسات الماكروية لنجوم المجرات البعيدة والمشعة.*

- حرر مؤخرًا دراسة علمية بعنوان: «توزيع المجرات: التعنقد (من عنقود) أو تجمع المجرات فى الكون» **"The Distribution of the Galaxies: Gravitational Clustering in Cosmology"** والتى نشرتها مطبعة جامعة كامبريدج.

- **وولفجانج أماديوس موتسارت «موزار» (١٧٥٦-١٧٩١) Wolfgang Amadeus Mozart:**

- يعتبر من أهم وأبرز المؤلفين الموسيقيين فى الفترة الكلاسيكية، ألف أكثر من ٦٠٠ عمل موسيقى من بينها الأعمال السيمفونية والكونشرتو وموسيقى الحجرة والأوبرالية وموسيقى الكورال، فضلاً عن المقطوعات المؤلفة خصيصًا للبيانو، وعلى الجملة، فإن الكثير من أعماله يعتبره مؤلفو الموسيقى جزءًا من تراث الموسيقى الكلاسيكية ومرحلتها.

- كان ميلاده فى مدينة سالزبورج، وهى واحدة من أجمل الأماكن فى العالم من حيث طبيعتها الشجرية المزهرة، ولوالده وهو موسيقى بالأساس له أكبر الأثر على حياته الموسيقية فيما بعد، حيث كان موزار يراقب شقيقته الأكبر وقد بلغت السابعة وهى تتلقى دروس الموسيقى على يد والدها على آلة الكى بورد **Keyboard** (السابقة على البيانو تاريخيًا) وكان هو فى الثالثة من العمر آنذاك وعندما بلغ الرابعة قام الأب بقضاء بعض الوقت فى تدريبه على نفس الآلة، فكان يعيد ما يسمعه دون أخطاء، محافظًا على التوقيت وبنفس الرقة، وفى الخامسة بدأ يؤلف مقطوعات صغيرة بما فاق توقع الوالد، فبدا وكأنه نوع من «الطفل المعجزة» **child prodigies**.
- قامت أسرته وقتها بجولة واسعة فى أوروبا وصالات العزف الكبرى بها حيث تقابل موزار مع عدد من مؤلفى الموسيقى الكبار، واستغرقت هذه الرحلة سنوات أصبح فيها ذكرًا بالغًا، وبدأ تأليف الأعمال الكبرى وبرز نبوغه الذى رحبت به الأوساط الموسيقية، وأصبح ما هو عليه، ومازالت بعض أعماله تعزف حتى اليوم بنجاح كبير، ومما يذكر أنه مات صغيرًا حول الـ ٣٥ من العمر وثمة جدل تاريخى عن أسباب هذا الموت المبكر.

* * *

ثانيا: الموضـــــــوعات:

- **أبورجينى Aborigine:**

- تنحدر الكلمة من أصل لاتينى بمعنى المتحدر من أصل ما منــذ البدايــة، وذلك على نحو العموم فى معنى الكلمة.

- والقوم الذين يمكن أن يطلق عليهم هذا الاسم هم الذين حل محلهــم قــوم آخرون بعد وجود تاريخ سابق لملكية الأولين للأرض، والذين يحــافظون (على الأقل جزئيًا) على تقاليدهم المميزة وعلى الأرض ذاتها، ويفترقــون على نحو ما مع الناس المحيطة بهم والتقاليد أو الثقافة الغالبة على هــؤلاء والوافدة عليهم.

- وبالإضافة لذلك فثمة أقوام متعددة من الأبورجينيين يشار إليهم عادة بهــذا المصطلح، مثل:

  - التابعون لجزيرة تسمانيا **Tasmania** بأستراليا.
  - سكان ولاية فيكتوريا بأستراليا.
  - الأبورجينيون التايوانيون فى تايوان.
  - سكان كندا الأصليون.

- **أدليد Adelaide:**

- مدينة تقع فى جنوب أستراليا وهى عاصمة ولاية جنوب أستراليا وهى كثيفــة السكان بحيث تعتبر خامس أكبر مدن أستراليا قاطبة بعدد سكان أكثر قليلاً من ١,١ مليون نسمة (فى ٢٠٠٤) وهى مدينة ساحلية تجاور المحيط الجنــوبى، وحصلت على اسمها، تيمنًا باسم الملكة أدليد زوجة الملك ولیام الرابع. وكانت

فى عام ١٨٣٦ هى العاصمة المخطط لها للحى الإنجليزى الحر والمستقر الوحيد لهم وقتئذ فى أستراليا كلها، وقام المقدم وليام ليت **Colonel William** (أحد الآباء المؤسسين للمدينة) بتصميم المدينة فى شكل عام متصالب الهيئة الذى تخترقه الشوارع العريضة والميادين الكبيرة، وأحاطها فى كل الاتجاهات بالمتنزهات. واشتهرت المدينة على مدى تاريخها بالحرية الدينية ومجاراة التقدم السياسى والحريات المدنية أما اليوم فتشتهر باحتفالاتها المتعددة وأنواع أنبذتها (من النبيذ) وفنونها ورياضاتها. وباعتبارها مقرًا للعديد من الهيئات الحكومية والمالية.

- وللمدينة مناخ يشبه أجواء البحر الأبيض المتوسط، حيث تسقط الأمطار فى شهور الشتاء، ومن بين العواصم الأسترالية فهى من أكثرها جفافًا، ويعتبر شهر مايو فيها من أكثر الشهور مطرًا فى السنة، وتكون الثلج يعتبر نادرًا فيها ومن أشهر مرات حدوثه فى يوليو ١٩٠٨ ويوليو ١٩٨٢، وإن ظلت إمكانية سقوط الأمطار الثلجية، فيما عدا منطقة جبل لوفتى **Lofty** وبعض مناطق التلال فيها.

- **أريس ڤاليس Ares Vallis:**

- مسمى لوادٍ على المريخ، والذى يبدو أنه انحنى بسبب السوائل التى ربما تكون مياهًا، والذى تتدفق من منطقة هناك مليئة بالتلال ومتصلة ببدايات الوادى بمنطقة انتقالية عرضها ١٠٠ كيلومتر تقريبًا، وتقع فى ٣٤٢,٥° شرقًا و ٣ درجات شمالاً، ويستمر الوادى مارًا بمنطقة الأراضى العليا بالمريخ، منتهيًا بمنطقة أشبه بدلتا النهر.

- جاء الاسم تيمنًا بالتسمية الإغريقية للمريخ والملقبة بـ أريس **Ares** إله الحرب فى ثقافتهم.

- كان هذا الوادى مهبطًا لسفينة الفضاء التى أطلقتها هيئة ناسا باسم **Mars Pathfinder** بهدف دراسة منطقة مختارة من الوادى عام ١٩٩٧.

- **أرشيا Archae:**

- هو اسم لمجموعة كبيرة من العضويات المادّوية مثل الباكتيريا، وهي ذات خلية واحدة تنقصها الأنوية، ولهذا فقد صنفت ضمن نوع البروكاريوت **prokaryotes** الذى هو واحد من الممالك الخمس التقليدية التى تنقسم إليها تصنيفيًا مملكة واحدة الخلية، وكلمة بروكاريوت استعملت لأول مرة بمعرفة العالم الفرنسى شاتون **Chatton** عام ١٩٢٥ للدلالة على خلايا ذات مادة وراثية واحدة غير محاطة بغشاء نووى والتى تسبح فى الهيولى (طليعيات النوى).

- الأرشيا إذن هى نوع منفرد فى هذا المجال وترجع إلى المصطلح الإغريقى الذى يعنى حرفيًا: «الأنواع القديمة». ومعظمها ينتمى إلى عاشقات الحرارة المتطرفة فى درجاتها، التى غالبًا ما تزيد على درجة الغليان، ولذا فإنها توجد فى ينابيع المياه الحارة والمداخن السوداء فى أعماق البحار وأبيار البترول وهذا لا يمنع من أن بعضها فى أماكن ثلجية باردة للغاية، وأخرى تعيش فى المياه المالحة، والمياه الحامضية والقلوية على السواء، كما أن النوع المتوسطى منها يفضل الحياة فى أراضى المستنقعات ومياه «البلاليع» والتربة، وأيضًا يُعثر على النوع الميثانى الطابع فى مخرجات العضويات الحية.

- وتنقسم الأرشيا بشكل عام إلى ثلاثة أقسام فسيولوجية: محبو التشكل المنتمى للهالة **Holophilites**، وذوات النزعة الحمضية **acidophiles**، ثم ذوات الميل الحرارى **thermophiles**، وهو تقسيم غير شامل لكل شىء ولكنه يصلح كبداية للدراسات البيئية.

- **الاطّرادية أو التشاكلية أو التماثلية Uniformitarianism:**

- ويعنى المصطلح فى فلسفة العلم الافتراض القائل بأن كل العمليات الطبيعية

التي حدثت في الماضي هي نفسها التي يمكن ملاحظة قيامها بالعمل نفسه حاليًا. وهي طريقة منطقية في الفهم، عادة ما يمكن تلخيصها في عبارة أن «الحاضر هو مفتاح الماضي».

- ويتأصل المصطلح لدى الطبيعيين في القرن الـ ١٨، بداية من أعمال الجيولوجي جيمس هوتون **James Hutton** والتي عدل فيها تشارلز لايل **Charles Lyell** في سِفره المعنون «مبادئ الجيولوجيا» عام ١٨٣٠. وتم صك التعبير عام ١٨٣٢ ويليام هوي ويل **William Whewell** والذي صك أيضًا تعبير «المأساوية» **catastrophism** ويعني فكرة أن الأرض قد أُنشئت عبر وسائل فوق طبيعية وتشكلت عبر سلسلة من الوقائع المأساوية التي أحدثتها قوى لم تنكشف بعد.

- والتعبير الذي نحن بصدده له معنيان وكلاهما كانا مسيطران على مجرى الفكر في القرن الـ ١٩.

- فهو يعني في الفلسفة الدينية أن الكون كما هو موجود الآن كان كذلك منذ زمن لا نهائي، وسيظل كذلك أيضًا للأبد وهو ما يخالف النظرة العلمية، أما في الفلسفة العلمية (وتكتب عادة بـ: "**u**" صغيرة، فتعني المبدأ القائل بأن نفس العمليات التي شكلت الكون في الماضي هي الحادثة الآن، وإن قوانين الفيزياء هي ذاتها في كل أجزاء الكون المعروف لنا. وهذا المبدأ أو الفكرة البدهية لم تعد تشير في المناقشات الحديثة إلى مدرسة بعينها، وإنما فقط لمجالات الفلك وعلوم الأحاثة (البحث في أشكال الحياة بالعصور الجيولوجية السالفة، كما تعبر عنها المتحجرات والأحافير أو المستحاثات الحيوانية والنباتية).

- **ألبا باتيرا Alba Patera:**

- بركان فريد السمات يقع إلى الشمال من منطقة ثارسيس **Tharsis** على سطح المريخ وله وقاء بركاني يصل إلى ١٦٠٠ كيلومتر تقريبًا، وبارتفاع حوالي ٦

كيلومترات فى أعلى نقطة وبذلك يصبح أكبر بركان فى النظام الشمسى بالنظر للمساحة والحجم. وله تدفقات رفيعة من الحمم بالنسبة لتدفقات البراكين المريخية الأخرى ذات الوقاء، مع طبقاته الأشبه بالمسطحات ومئات من القنوات الضيقة على جوانبه، والتى يصل معظمها إلى أكثر من ١٠٠ كيلومتر طولاً، وبعضها يصل إلى طول ٣٠٠ كيلومتر، بما يظن معه وجود تنفطات سوائل حممَية تستمر لمدد طويلة زمنيًا. وهو يقع على نظام صدوع تَجَرى إلى الشمال من منطقة ثارسيس.

- وهو يختلف عن باقى البراكين المريخية من عدة طرق مثل افتقاده مخزونات الرماد، وكذا لوجوده فى أراضٍ واطئة بدلاً من الأراضى المرتفعة.

- **أنتاركتيكا Antarctica:**

- وهى الأراضى المكونة لقارة جنوبية تعلو القطب الجنوبى المتجمد وهى محاطة كلية بالمحيط الجنوبى وتبلغ مساحتها ١٤,٤ مليون كيلومتر مربع، وهى بذلك القارة رقم (٥) من حيث المساحة بعد آسيا وأفريقيا والأمريكتين الشمالية والجنوبية ثم أوروبا وأستراليا المتساويتين فى الاتساع، ويغطى الثلج ٩٨٪ من هذه المساحة والذى يصل سمكه فى المتوسط إلى ١,٦ كيلومتر.

- ومن المعروف أنها من أكثر الأماكن برودة وجفافًا، والرياح بين القارات، كما تعد من الناحية التقنية أكبر «صحراء» فى الأرض ولذا لا يسكنها أحد بشكل دائم، وليس ثمة دليل على أى موجودات أو سكان فيما قبل التاريخ، فقط بعض النباتات المتكيفة مع هذه الظروف وبعض الحيوانات ذات الفراء وطائر البطريق (العاجز عن الطيران) والطحالب (أنواع عديدة منها).

- أجريت معاهدة عام ١٩٥٩ وقعتها فى البداية ١٢ دولة، أصبحت ٤٥ فيما بعد، والتى حرمت الأنشطة العسكرية فى القارة، وكذا التعدين أو البحث عن المعادن، ولكن فقط دعم البحوث العلمية وحماية الطبيعة، وهى الأبحاث التى

أجراها حتى الآن ما يقرب من ٤٠٠٠ عالم من مختلف الجنسيات والاهتمامات.

- **أورا Aura:**

- تسمية للإحساس بالاضطراب الناجم عما يعرف بالصداع النصفى فى الفترة السابقة للصداع، وبعض الذين يعانون من الصرع يتوهمون رؤية ضوء غريب أو برائحة غير سارة، إلا أن الأورا لا تستلزم على نحو ضرورى الإصابة بنوبة الصداع أو الصرع، لأن بعض هؤلاء قد تحدث لهم النوبات من دون الإشارات التحذيرية تلك، والتى قد تفيد فى منع أو التحوط من إحداث أضرار بأنفسهم.

- وتتعدد الإشارات التحذيرية تلك، بدءًا بالتغيرات فى الرؤية، والأضواء المبهرة، والخطوط المتعرجة، والتحريف فى حجوم الأشياء، والشعور بما يشبه الستارة على إحدى العينين، والرؤية النفقية، وتأثير قطع الزجاج الملونة، أو الوميض الخافق، أو النقاط السوداء أمام العين، وسماع الأصوات، والهلوسة الشميّة، أو الشعور بالخدر أو الوخز الخفيف بأحد جنبى الجسد أو الشعور بالانفصال عنه أو الشعور بالخوف أو القلق أو الغثيان أو الضعف أو عدم الاستقرار، ثم عدم القدرة على فهم الكلام المنطوق أو التحدث بطريقة صحيحة.. إلخ. وهى جميعًا قد تساعد فى تحديد أين ستأتى الضربة.

- **أوديسا المريخ ٢٠٠١ Mars Odyssey 2001 :**

- اسم لمركبة فضائية روبوتيّة أرسلتها هيئة ناسا لتدور فى مدار المريخ، وتركزت مهمتها فى استخدام آلات تصوير ومجسات طيفية لمحاولة اصطياد أدلة أو حتى دليل واحد لمياه فى الماضى أو الحاضر تساعد فى الإجابة عن سؤال عما إذا كانت الحياة تواجدت فى إحدى المرات فوق المريخ، وأيضًا كان منظور إليها كبديل أو وسيط للاتصالات بين عربات استكشاف المريخ مع الأرض.

- وأطلق هذا الاسم على المهمة بعد فيلم «٢٠٠١: أوديسا الفضاء» الشهير ولكى تصبح بهذه التسمية إشارة إلى الفرق بين الخيال الفيلمى وواقع الحياة آنئذ ٢٠٠١».

- أطلقت أوديسا من قاعدة كيب كانيفرال يوم ٢٠٠١/٤/٧ ووصلت إلى المريخ فى ٢٠٠١/١٠/٢٤، واشتعلت نيران المركبة الرئيسية لكبح سرعتها، وتسمح بأن تلتقطها جاذبية المريخ وتظل دائرة فى مدار حوله وفى كل دورة تقترب أكثر منه.

- وباستخدام مناخ المريخ فى تهدئة سرعة المركبة الفضائية بدلاً من إشعال المحركات والمدسرات، فقد وفرت ٢٠٠ كيلوجرام من قوى الدفع أو التسيير، وقد انتهى هذا الكبح فى يناير لتبدأ المركبة مهمتها العلمية فى ٢٠٠٢/٢/١٩.

- **أودية ماك موردو الجافة McMurdo Dry Valleys:**

- عبارة عن صف من الأودية تقع فى قارة أنتاركتيكا بالقطب الجنوبى للأرض فى داخل أرض ڤيكتوريا إلى الغرب من ماك موردو. والمنطقة تحفل بالعديد من السمات الجيولوجية المثيرة بما فيها بحيرة ڤيدا **Vida** ونهر أونكس **Onyx** أطول أنهار أنتاركتيكا. وهى أيضًا من أكثر صحراوات الأرض تطرفًا، ومن الشمال إلى الجنوب تقع الأودية الرئيسية الثلاثة: وادى ڤيكتوريا، ووادى رايت **Wright**، ووادى تايلور **Taylor**.

- وقد استحقت هذه الأودية اسمها من ضعف قابليتها للسكنى وافتقادها لتساقط الثلج أو وجود غطاء جليدى، وهى فى مجموعها تحتل ٤٨٠٠ كيلومتر مربع أى ٢٪ من القارة، وتشكل أكثر مناطقها تحررًا من الثلج: وسطحها مغطى بمواد حصوية متفرقة، والتى قد تلحظ فيها جليدًا صغيرًا مضلع الأجنحة.

- وترجع الظروف الفريدة لهذه الأودية الجافة إلى الرياح الكاتاباتيكية **Katabatic** (من كلمة إغريقية تعنى الهبوط لأسفل **"going down"**). والتى

تحدث عندما يندفع الهواء الكثيف البارد إلى أسفل التلال بسبب الجاذبية (وقد تصل سرعة هذه الرياح إلى ٣٢٠ كيلومترًا فى الساعة) والتى من شأنها تبخير كل الرطوبة والماء والثلج والجليد فى هذه العملية.

- كما وُجدت هناك نباتات بين صخرية **Lendolithic**، حيث كانت محمية من الهواء الجاف ومستفيدة بالرطوبة داخل شقوق الصخور. ولأن المجلدات الذائب بعضها صيفًا والمتدلية فى بعض الأودية تمثل المدد الغذائى للتربة.

- ويعتبر العلماء أن طبيعة هذه الأودية من أقربها فى الأرض شبها بطبيعة المريخ وبيئته، ومن ثم يمكن التبصر فيها للبحث عن حياة فضائية، ولهذا اُعتبرت المنطقة منذ عام ٢٠٠٤ مَحميّة طبيعية لا يجب المساس بها.

- **إيرل مونباتن أوف بورما Earl Mounbatten of Burma:**

- لقب من ألقاب النبلاء بالمملكة المتحدة **UK** أُنشئ عام ١٩٤٧ لصالح لويس مونباتن أول فيكونت (نبيل دون الكونت وفوق البارون) لبورما ونائب ملك الهند، وتنص رسائل التنصيب على أن هذا اللقب يورث للأبناء بمشارطات معينة.

- **إيى . كولى Escherichia Coli (E. Coli):**

- وهو نوع من أنواع الباكتيريا البروتينية العديدة والتى تحتسب ضمن المستوى الأسفل من الثدييات والمعروفة باسم "**gotflora**" (مجموعة جراثيم الأمعاء والقادرة على التحوصل). وهى تساعد فى عمليات «الفقد» وامتصاص الغذاء وحماية فيتامين **K**.

- اُكتشفت للمرة الأولى عام ١٨٨٥ على يد الباكتيريولوجى وطبيب الأطفال الألمانى تيودور إشهيريش (والتى التصقت باسمه)، وهى وافرة العدد للغاية لدرجة أن عددها فى غائط أو ما يتبرزه الكائن فى اليوم الواحد يقدر بـ ١٠٠

بليون إلى ٣ تريليونات، وهى ليست مقصورة على هذا الموقع، فقد عثر على عينات منها – على سبيل المثال – على حواف الينابيع الحارة.

- ومن الممكن أن تسبب عدوى داخلية أو حتى خارجية مثل: عدوى الجهاز البولى والتهاب السحايا والتهاب الصفاق والتهاب الأثداء وعفونة الدم وذات الرئة أيضًا. وهى من الناحية الفيروسية تنقسم إلى نوع معوى (المسبب للإسهال فى البشر والخنازير والأغنام والماشية والكلاب والأحصنة)، ونوع ثان متعلق بنشوء المرض (وهو المسبب للإسهال أيضًا فى البشر، والأرانب والكلاب والقطط والأحصنة)، ونوع غازى مهاجم (والذى يوجد فقط فى البشر) ثم نوع يرمز إليه اختصارًا **VTEC** (ويوجد فقط فى الخنازير والماشية والكلاب والقطط) ونوع يرمز إليه اختصارًا **EHEC** (ويوجد فى البشر والماشية والأغنام ويهاجم ما يتعلق ببطن وأحشاء الخنزير بنفس الطريقة التى يهاجم بها البشر) وأخيرًا نوع يرمز إليه بالأحرف **EAGGEC** (وأيضًا يقتصر تواجده فى البشر).

- وكل أصناف هذه الباكتيريا البرازية وكل أشباهها مما تعيش فى الأرض (فى التربة أو فى النباتات المتفسخة، تجتمع تحت مسمى شكل الكولى **coliform**، وهى المجموعة التى تعيش حيث يوجد الأكسجين وفى مياه البالوعات، ولا تكون أبوغة وهى عصوية الشكل (الشبيهة بالعصيان) وسلبية الجرم وقادرة على تخمير اللاكتوز، وإنتاج الغازات، والتى تنطلق من الجسد عند امتلاء البطن بها. ووجود هذه الباكتيريا على سطح المياه يعنى عادة وجود تلوث برازى.

- **إيليزيوم Elysium:**

- المصطلح بهذا الشكل يعتبر الوجه اللاتينى للأصل الإغريقى **Elysium**، وكان من المعتقد فى الميثولوجيا الإغريقية أنها تعنى قسمًا فى عالم ما تحت الأرض يمثل المقر النهائى للأرواح الفاضلة الطاهرة وأصحاب البطولات، وهو على هذا النحو يتشارك مع جنات السماوات فى المسيحية.

- ونجد أن الكلمة تتسم بالغموض والانعزالية والتى تدل على تحديد مكان أو شخص اعتورته الاستتارة أو الطهارة. والمدرسون لذلك يقترحون أن الكلمة ربما انحدرت من التعبير المصرى "ialu" والأقدم منه "iaru"، والذى يعنى «القصب»، ويرجع فى ذلك إلى العبارة "sekhet iaru / ialu" بمعنى «حقول القصب»، والتى بمعنى آخر يقصد بها أرض الوفرة التى يأمل الموتى أن يقضوا فيها الأبدية. ومن ناحية أخرى يرى مدرسو الكتاب المقدس أن المصطلح ينحدر – ربما – من الكلمة **Elisha**، والذى كان طبقًا للكتاب المقدس ابنًا لـ: **Yawan** وهو واحد من أسلاف الإغريق، وربما تعنى إذن نوعًا من تقديس الرب أو إبداء ما يستحقه من احترام.

- هذا وكانت الكلمة قد وردت فى الأدب الكلاسيكى القديم فى أشعار هيزيود **Hesiod** فى «الإلياذة والأوديسا». كما وردت عن فيرچيل **Virgil** فى الإنيادا **Aeneid**، كما أن البعض يخلط أحيانًا بينها وبين فكرة دانتى **Dante** عن جهنم أو أعلى طبقة فيها والتى يذهب إليها غير المعمدّين وغير المؤمنين ولكنهم عاشوا حياتهم أطهارًا وفاضلين، كما ظهرت فى عصر النهضة عند شكسبير **Shakespeare** فى مسرحيته: «الليلة الثانية عشرة» ودخلت الخيال الأوروبى على أنها تمثل مكانًا ممتعًا، وتتابعت بعد ذلك فى الأشعار والقصص.

- **باسيلوس سبتيليس Bacillus Subtilis:**

- وهو جنس من الجراثيم من فصيلة العصويات ويحتوى على ثلاثة من الأنواع التى تسبب الأمراض للإنسان وهى:

1. العصوية الجمرية **anmrocis** والتى تسبب مرض الجمرة الخبيثة.
2. العصوية الشمعية.
3. العصوية الرقيقة **subtilis** التى تسبب التهاب الأمعاء والتهاب الملتحمة.

- وهذه الأخيرة عادة ما تتواجد فى التربة، والتى لها القدرة أن تشكل كيسًا قويًا يحفظها ويساعدها على التواؤم مع ظروف بيئية متطرفة.

- كما أن هذه العصويات الرقيقة لا تعتبر مسببة لمرض الإنسان، فهى قد تفسد الطعام أو تلوثه ولكنها نادرًا ما تسممه. وبواغيها يمكنها تحمل الغليان الذى يعد به الطعام، وهى المسئولة عن تكون مادة رغوية وخيوط عصوية فى العجينة الفاسدة للخبز.

- وثمة فوائد لهذا النوع من الجراثيم تتمثل فى:
  - الحرب البيولوجية (ومازالت خطورته محلاً للجدل).
  - كلقاح فى مجال البستنة والزراعة.
  - كثيرًا ما يستخدم كإضافات لمنظفات الغسيل.
  - كنموذج للدراسات المعملية.
  - كما أن لبعض سلالاته نشاطًا ملحوظًا فى إبادة الفطريات.
  - وتستخدم سلالة معينة منه تعرف رسميًا باسم **Bacillus natto** فى الإنتاج التجارى لبعض الأطعمة اليابانية والكورية.
  - يمكنه تحويل المتفجرات لمكونات غير ضارة من النيتروجين وثانى أكسيد الكربون والماء.
  - كما يلعب دورًا فى حفظ فاقد الأشعة الذرية **radionuclide**.
  - تركيبات معينة منه، تساعد فى خفض نفقات إنتاج مادة **PHA**.

- **بروكاريوت (وحيدات الخلية) Prokaryote:**

- ويعتبر من مجموعة من العضيّات التى تفتقد جزيئات الخلية أو أى أغشية محيطة بالأجزاء، وأغلبها وحيد النسيج المتخلل بين الخلايا، وإن كان بعضها وفير الأنسجة، والكلمة ذاتها تنحدر من كلمة إغريقية تعنى حرفيًا: قبل **-pro**، بندقة أو نواة= **Kargon**، مشيرة إلى جزىء الخلية أى أنها من السابقات على التكون الحقيقى العضوى.

- وتنقسم فى العادة إلى مجالين: الباكتيريا والأرشيا **archaea**، وإن كانت ثمة مملكة جديدة هى الباكتيريا الأرشيا **archaea bacteria**، ويعرف عن هذه العضيّات أنها لم تعش فقط، إلا فى ظروف غير ملائمة أو غير مضيافة، مثل الجو المتطرف الحرارة أو المغمور بالأشعة، ولكن أصبحت توجد فى جميع الظروف.

- ومن الواجب أن نميز بينها وبين من يسمون المكتملين الخلية: **eukaryotes** أو **eucaryotes** بمعنى المكتملين الأنوية (أو حقيقوا الأنوية)، لأن هذه الأخيرة تحتوى على جزيئات حقيقية لديها الدنا الخاص بها (كالبشر مثلاً)، والذين قد يكونون متوحدى الخلايا أو يتميزون بوفرة الجزيئات، كما أن لها أغشية تغطى جزيئاتها. هذا والفارق بين تشكيل البروكاريوت والإيكاريوت كبير جدًا، لدرجة أنه يعتبر أهم تمييز بين مجموعات العضيّات، وعادة ما يستعمل المصطلحين كمترادفين.

- وكان كارل ووز **Carl Woese** عام ١٩٧٧ قد اقترح تقسيم البروكاريوت إلى الباكتيريا والأرشيا (جذريًا هى الإيباكتيريا والأرشيا باكتيريا) بسبب الاختلاف فى التركيب الجينى بينها، وبذلك حلّ التقسيم الثلاثى للممالك العضوية محل التقسيم الثنائى التقليدى. أى بدلاً من البروكاريوت والإيكاريوت أصبحت: الإيكاريوت والباكتيريا والأرشيا؛ هذا وتختلف أشكال البروكاريوت فمنها الكروى الشكل والمكور والعصويات الشكل والمنحنى والحلزونى أو المغزلى، وهى تتواجد فى مختلف بيئات الأرض، إلا أن نوع الأرشيا بصفة خاصة فهو لا يزدهر إلا فى البيئات الخشنة مثل الحرارة المرتفعة أو المفرطة الملحية، وعادة ما يشار إلى هذه النوعية من العضيّات بـ: عاشقات التطرف **"extremophiles"** وكثير من البروكاريوت يعيش متطفلاً فى أو فوق عضيّات أخرى بما فيها البشر.

- بلبارا Pilbara:

- وتعنى حرفيًا فى اللغة الأصلية للبلاد: جاف.

- وهى منطقة فى الشمال الغربى لأستراليا ذات طبيعة جغرافية خاصة من بين المناطق التسع، المقسمة إليها أستراليا، وتتكون من قطاعات أشبورن وشرق بلبارا وبورت هيدلاند ورى إيبورند، وتتميز بالمناجم، وبأنها موطن لثعبان الأصلة (ثعبان كبير الحجم جدًا). الزيتونى اللون، والذى يتعرض لخطر كبير بسبب الإهلاك الحادث فى موطنه.

- وتغطى المنطقة مساحة قدرها ٧٠٩,٨٩٦ كيلومتر مربع، بما فيها الجزر خارج الشاطئ، ولا يسكنها سوى ٤٠,٠٠٠ ساكن تقريبًا والذين يقطنون فى مدن المنطقة: بورت هيدلاند وكاراثا ونيومان وماربل بار.

- وتتكون بلبارا من ثلاث مناطق مميزة جغرافيًا، فهناك الثلث الغربى منها والذى يشمل السواحل الرملية ويعد المصدر الاقتصادى الأساسى لبلبارا صناعيًا وتجاريًا ثم الجزء الشرقى، والذى يقترب من كونه صحراء بالكامل وتتناثر فيه السكنى من قليل من الشعب الأبورجينى (السكان الأصليون).

- ويتنوع الجو فى بلبارا إلى جاف وشبه جاف مسفوعًا بالحرارة وقليل الأمطار وتصل حرارته فى الصيف إلى ما يجاوز ٣٢° مئوية تقريبًا كل يوم، كما أن درجات الحرارة التى تصل إلى ٤٥° درجة مئوية ليست من بين غير المعتاد حتى إن بلدة ماربل بار كثيرًا ما يُدّعى بأنها أكثر الأماكن حرارة. والتى سجلت مرة ١٦١ يومًا متتابعًا دون انقطاع بدرجة حرارة تزيد على ٣٧,٨° درجة مئوية.

- يقوم الاقتصاد فى المنطقة على مناجم خام الحديد والصناعات البترولية، ولذا قامت فيها سكك حديدية ثقيلة لخدمة هذه الأهداف والوصل بين المدن الرئيسية.

- **بانجالور Bangalore:**
- مدينة فى الهند تصل مساحتها إلى ٧٤١ كيلومترًا مربعًا وعدد نسماتها إلى ٥,٢٨٠,٠٠٠ نسمة وهى عاصمة ولاية كارناتاكا **Karnataka** وتقع فى الجزء الجنوبى الشرقى منها، وتعتبر من ناحية عدد السكان ثالث المدن الهندية ازدحامًا وسادس المناطق الحضرية بها.
- وبعد حصول الهند على استقلالها عام ١٩٤٧ انخرطت بانجالور فى محور الصناعات الثقيلة، وبصفة خاصة طيران الفضاء والاتصالات وقطع غيار الماكينات، والمعدات الثقيلة والدفاع، وبعد تحرير الاقتصاد الهندى، قامت بها مؤسسات ناجحة فى مجال الـ سوفت وير أدى إلى نهضة ونمو تقنية المعلوماتية كصناعة، حتى إنه يشار إلى هذه المدينة كوادى سيلكون الهند حيث تمثل منتجاتها ٣٥٪ من صادرات السوفت وير الهندية.
- كما أصبحت المدينة تعرف بأنها من أحسن المدن التى تمارس فيها الأعمال، وبأنها موطن لكليات جامعية لها احترامها ومؤسسات بحثية كذلك، كما تعتبر فى نطاق الأمة الهندية بأنها ثانى أكبر المدن التى نجحت فى محو الأمية بين قاطنيها، ولو أنها مازالت تكافح من أجل التغلب على مشاكل تلوث الجو والاختناقات المرورية.
- **التطفلية Parasitism:**
- وهى نوع من العلاقة التكافلية بين نوعين مختلفين من العضيّات الحية، حيث يستفيد المتطفل من مضيفة على مدى وبمشاركة طويلة، والذى عادة ما يتأذى (المضيف) من ذلك. وبصفة عامة فإن المتطفل عادة ما يكون أصغر كثيرًا من مضيفة وعلى درجة عالية من التخصص فى مجرى حياته، فضلاً عن سرعة تكاثره البالغة بالنسبة لمضيفه، والمثال التقليدى على التطفل هو التفاعل بين الفقاريات كمضيفين والدودة الشريطية وجرثومة الملاريا والديدان المثقبة (ضرب من الديدان العريضة) والبراغيث.

- والمتطفل يضعف حيوية المضيف بطرق مختلفة بصفة عامة أو من خلال نماذج تخصصية كأمراض بعينها، وحتى تغييرات فى سلوك المضيف، فضلاً عن أنها تستغل المضيف فى توفير غذائها وموطنها وقابليتها للتحرك. والنوع الذى يعيش فيها داخل المضيف تسمَّى المتطفل الداخلى **endoparasite** مثل: **hookworms**، أما التى تعيش على سطحه (جلده) فتسمى متطفلاً خارجيًا **ectoparasite**، مثل بعض أنواع السوس أو العث **(mites)**.

- أما ما يعرف بالمتطفل التالى **epiparasite**، فهو ذلك النوع الذى يتغذى على المتطفل الأول أو الأساسى، وهذه العلاقة أحيانًا ما يشار إليها بالتطفل المتطرف: **hyperparasitism**، والمألوفة فى عالم الحشرات وعلى سبيل المثال فإن بعض يرقات الدبابير أو الذباب تعتبر متطفلاً داخليًا على يرقات نوع معين من الدبابير، والتى عادة ما تنقلب إلى متطفل على يرقات خنفساء الخشب.

- هناك أيضًا ما يعرف **"parasitoids"**، ويقصد بهم المتطفلون الذى يتسببون فى موت المضيف بسبب إصابته بعدواهم بسبب نقص الغذاء لديه (فى التطفل السارق **Kleptoparasitism**، حيث يتغذى المتطفل على الغذاء الذى يجمعه المضيف، أو مثلاً عندما يلجأ بعض أنواع الوقواق إلى وضع بيضة مع بيض طائر آخر ويستخدمه بذلك كجليسة أطفال لصغاره ويربيه الأخير كأحد أبنائه) أو بسبب فقده لأنسجته الرقيقة. وهنا يشار إلى أن هذا النوع المميت من المتطفلين يكنى: **necrotrophs**، لأنه لا يعيش فى أو على مضيف ميت.

- **التقسيمات الفرعية للعصر الكامبريانى Cambrian subdivisions:**

- العصر الكامبريانى يأتى بعد العصر النيوبروتيروزويكى **Neoproterozoic** وقبل العصر الأوردوفيكيانى **Ordovicion**، وينقسم الكامبريانى إلى ثلاث مراحل: الباكر والمتوسط والمتأخر، كما أن صخور هذه الفترة عادة ما تشير إلى أنها متعلقة بالأدنى والأوسط والأعلى الكامبريانى.

- وكل من هذه الفترات الثلاث ينقسم إلى مستويين من حيوانات الحقبة الزمنية، وواحدة منها جميعًا وهى البابيان **Paibian** قد تميزت بصلتها بالبعثة الدولية لعلم الطبقات الجيولوجية والتى أعطتها الاسم، بينما باقى الحقب لم تحظ بأسماء بعد.

- ومدى توقيت الفترة يظن – على نحو تقليدى بأنها تشكلت قبل ما بين ٥٠٠ و ٥٧٠ مليون سنة، والحدود الواطئة فى تلك الفترة ظهرت فيها مبكرًا – كما يعتقد – حيوانات تقطن الحيود البحرية، وفى نهاية المرحلة ظهرت ما يشبه الثورة فى تشكلات الحيوانات، حتى إنها تعرف بمرحلة الانقراض، هذا وإن كانت الأحفورات المكتشفة فى الربع الأخير من القرن العشرين مثلها مثل التأريخ الإشعاعى، قد وضعت هذه التواريخ محل تساؤل. وترجع صعوبة التحديد الزمنى إلى أن الأحافير لم يحصل عليها إلا من مناطق قليلة، وهى أيضًا التى تم فيها حساب التأريخ الإشعاعى والتى لم تصبح تحليلاته متاحة إلا مؤخرًا، وحتى التأريخ البديل (كما لو أن أ تسبق ب) والكافى للدراسات ترجع صعوبة الاعتماد عليه فى عدم تطابق الصخور مع الصخور المنسوبة لنفس الفترة فى قارات أخرى.

- وثمة ما يعرف باسم الانفجار الكامبريانى الذى يصف سرعة ظهور معظم الحيوانات المعقدة التركيب والتى تشير الأحافير إلى أنها ترجع إلى ٥٣٠ مليون سنة. والذى صاحبته تقسيمات مهمة فى التنوع بين العضويات، حيث كانت قبل ذلك بحوالى ٥٠ مليون سنة وحيدة الخلية ومنفردة لتتحول فجأة إلى مستعمرات منها. وهذا الانفجار هو ما أنشأ نوعًا من التحدى فى المناقشات بين العلماء حول المسألة.

- **التشوش (الهوس) أو الفوضى Chaos:**

- نتفق فى البداية على أن هذين التعبيرين مثل كثير من المصطلحات العلمية يمثلان تعبيرين تقنيين لا يتفقان بالضرورة مع الدلالة التى يشيران إليها فى الاستعمال العادى للكلمات. ومن ثم فهما (أيهما) ينصرف فى العلم إلى أمرين متقابلين:

١. النشوء من خلال انبثاق.

٢. الانتظام الكامل فى مجال الظواهر الفيزيائية والذى يمكن وصفه بمصطلحات محددة وأرقام رياضية ومقاييس لها نماذج معينة وبالتالى قابلة للتنبؤ بسلوكها فى الأغلب الأعم.

- والمثال المبسط لهذا الأمر هو إمكانية الحفاظ على مدى معين لتأرجح بندول على فترات منتظمة وبنفس القدر. وذلك هو النظام. وبالمقابل هناك زخات المطر حيث تصطدم القطرات مع جزء صغير من السطح وفى فترات غير منتظمة ولا يمكن التنبؤ بها إلا فى حدود معينة وقد خضعت مثلها مثل سائر الظواهر الفيزيائية للبحث الفيزيائى والرياضى.

- **التعايش Symbiosis:**

- وترجع الكلمة فى جذرها إلى الكلمة الإغريقية **Biootic** بمعنى عائش و **sym** بمعنى معًا، وبالتالى فهى تشير إلى وصف مختلف درجات العلاقات القريبة بين أعضاء حيّة من نوع مختلف، وكان الذى استخدم المصطلح لأول مرة الميكروبولوجى (علم دراسة الفطر وتصنيفه وتأثيره «الفطريات») الألمانى هنريش أنتون دى بارى **Heinrich Anton de Bary**، الذى عرّفه بـ: «العضويات غير المتشابهة التى تعيش مع بعضها»، منتويًا بذلك أن يضم التعريف كل العلاقات القريبة من ذلك كتعايش فردين أو مجموعتين من نوعين مختلفين بحيث يستفيد كل منها بالآخر أو أن يعيش أحدهما معتمدًا على الآخر، ولا يستطيع البقاء من دونه (الطفيلية **parasitism**)، أو المؤاكلة بمعنى التشارك فى نفس نوع الغذاء، بحيث يستفيد أحد الطرفين على الأقل، كما يعمد البعض إلى تضييق التعريف على العلاقة التى يستفيد منها الطرفان المتعايشان، وهنا يصبح المصطلح مترادفًا مع التعادلية.

- وللتعايش فى النهاية عدة أنواع:

- التعادلية أو المشاركة، والتى يستفيد منها الطرفان بالقدر نفسه (+ +).
- المعايشة التى يستفيد منها أحد الطرفين، بينما لا يعانى الآخر من مخاطر حادة.
- الأمينساليزم **Amensalism**، حينما يكون التشارك لا يمثل ميزة لأحد الطرفين، بينما الآخر غير متأثر بشيء (–صفر).
- الطفيلية (العالة) التى فيها يستفيد أحد الطرفين بينما يضار الآخر (– +).
- التنافسية وهى الحالة التى يضار فيها الطرفان (– –).
- التعايش البيئى الذى يعيش فيه المشارك على سطح جسم المضيف وأيضًا بداخل النسج الطولية للألياف العصبية والقنوات الخارجية للغدد.
- التعايش الداخلى والذى يحيا فيه المتعايش داخل النسيج الرقيق للمضيف، سواء داخل الخلايا أو خارجها.

- **التمثيل الضوئى Pholosynthesis:**
- والمقصود به تحويل الضوء إلى طاقة كيميائية بواسطة الأعضاء الحية عبر مواد أولية مكونة من ثانى أكسيد الكربون والمياه، ومصدر ضوئى (نور الشمس) والتى فى النهاية تنتج جولوكوزًا (سكر سداسى وحيد يوجد فى الأغذية ويعتبر مصدرًا رئيسيًا للطاقة اللازمة لحياة الكائنات العضوية) والأكسجين.
- ومن المتفق عليه أنه أهم طرق البيوكيمياء على الإطلاق، باعتبار اعتماد الحياة عليه تقريبًا، وهى عملية معقدة تجرى فى النباتات العليا والنباتات المائية (أنهار، بحار، أراض رطبة، سواء وحيدة الخلية أو بجذور وساق وأوراق) كما تحدث أيضًا فى بعض أنواع الباكتيريا مثل النوع الذى لا يحتاج للأكسجين **cyanobacteria**.

- ويتم ذلك كله فى مرحلتين الأولى يقـوم فيهـا التفاعـل المـستقل للـضوء بامتصاص الطاقة ليستخدمها فى صنع جزيئات عالية الطاقة، وفـى المرحلـة الثانية يستخدم هذه الأخيرة فـى اقتنـاص ثـانى أكـسيد الكربـون وصـنع الكربوهيدرات، وتعرف هذه المرحلة رسميًا بـ: التفاعلات السوداء.

- **ثيثيوس Theseus:**

- ملك أسطورى لأثينا تدور قصته بين ٤٤٠ و٤٣٠ قبل الميلاد، ووالدته هـى إيثرا **Aethra**، ولكن يشترك فى أبوته اثنان هما: إيجيوس **Aegeus** وبوسيدون **Poseidon** (إله البحر والزلازل) الذى عاشرته ليلة واحـدة. وهـو مؤسـس لبطولة، مثله مثـل بيرسـيوس **Perseus** وكـاديموس **Cadmus** أو هرقـل **Heracles**، الذين تحارب كل منهم مع أعدائه وخصومه وهزمهم، والمنتمـين جميعهم للميثولوجيا الإغريقية القديمة المرتبطة بدورها بآلهة متعددة للظـواهر الطبيعية والقنطور (كائن خرافى نصفه رجل ونصفه فرس) والتنانين (جمـع تنين). وكما كان هرقل مصلحًا وبطلاً دوريانيا **Dorian**، فإن ثيثيـوس هـو البطل المصلح الأيونى «**Ionian**».

- وتقول الأسطورة إنه فى ليلة زواج إيثرا من إيجيوس أبحـرت إلـى موقـع ضاجعت فيه بوسيدون، وهذا الخلط فى السائل المنوى بين الرجلين أنشأ جزءًا مقدسًا فى بطلنا الوليد حيث اشتركت فيه صفتا الخلود والفناء، شـأن معظـم أبطال الإغريق، وتستطرد الأسطورة بالقول بأنه عندما حملت به إيثرا قـرر إيجيوس العودة لأثينا، ولكن قبل ارتحاله قام بدفن صندله وسيفه تحت صخرة كبيرة وطلب من زوجته أن تجعل الابن المنتظر بعد اكتمال نموه، وإذا كـان بطلاً بشكل كاف، أن يحرك الصخرة ويستأثر بسيف أبيه وهو ما فعله الابـن الذى نشأ فى أرض والدته شجاعًا فتيًا، والتى أطلعتـه علـى حقيقـة أبوتـه المزدوجة، وبأن عليه أن يطالب بحقه المكتسب من ألوهية بوسيدون، وبالفعل يختار ثيثيوس الوصول لأثينا من أصعب الطرق البرية، مكتسحًا كل العواقب

التى صادفته من وحوش وأشرار خرافيين، وما نحو ذلك إلى نهاية القصة (الأسطورة) التى يصبح فيها ملكًا لأثينا وبطلاً ومصلحًا.

- **جبل أوليمبوس Olympus Mons:**

- يعتبر أعلى بركان فى نظامنا الشمسى، ويقع على كوكب المريخ عند حوالى ١٨ درجة شمالاً و ١٣٣ درجة غربًا. وكان ذلك قبل أن تؤكد مجسات الفضاء أنه جبل، وكان من قبل مشكوكًا فى هذا منذ القرن ١٩.

- هذا التشكل الضخم الذى يرتفع ٢٧ كيلومترًا عن أقل مستوى فى سطح المريخ (حوالى ثلاثة أضعاف ارتفاع قمة إيفرست) وعرضه ٥٥٠ كيلومترًا، وعلى جوانبه جروف شاهقة وست حفر عميقة، وعلى إحدى حوافه جرف يصل ارتفاعه إلى ٦ كيلومترات.

- هذا الحجم الهائل مع سطوحه الضحلة يعنى أنه لو وقف امرؤ على سطح المريخ حتى عند انحناء الكوكب (باعتباره مستديرًا أو كروى الشكل)، فإنه يستطيع أن يرى الجزء العلوى من مشهده الجانبى.

- وثمة التباس فى أن قمة جبل أوليمبوس تعتبر فوق الغلاف الجوى المريخى. فى حين أن الضغط الجوى على القمة يعادل من ٥ إلى ٨٪ من الضغط عند سطح المريخ. وهناك أيضًا الغبار المريخى المحمول جوًا يتصاعد إلى القمة وكذلك السحب الثلجية المحملة بثانى أكسيد الكربون تغطيها. ومع أن الضغط الجوى المريخى عند سطحه يمثل ١٪ من مثيله على الأرض، فإن انخفاض الجاذبية المريخية تسمح بتصاعد المناخ لعلو أكثر من المألوف.

- ومن الناحية البركانية فإن جبل أوليمبوس يعتبر بركانًا مغطى، وكنتيجة للتدفقات الهائلة للحمم من فتحاته عبر مدة طويلة من الزمن، وهى الفتحات التى يصل عرضها إلى أكثر من ارتفاعه، فإن مستوى جوانبه المنحدرة تعتبر تدريجية جدًا. وقُدِّر عمر جانبه الغربى من الصور المرسلة من الأقمار التى

أُرسلت إلى مداره عام ٢٠٠٤ بأن سطحه يصل من حيث العمر إلى ١١٥ مليون سنة، وأن المنطقة التى وصلت إليها اللافا (الحمم) لا يزيد عمرها على ٢ مليون سنة، بما يعنى أنه من المحتمل أن جبل أوليمبوس مازال يشتمل على أنشطة بركانية فى قاعه.

- هذا وتعتبر جزيرة هاواى فى كوكب الأرض كمثال مشابه للبراكين المغطاة على مستوى أكثر صغرًا.
- **جرين لاند (بما يعنى حرفيًا: الأرض الخضراء) Greenland:**
- مقاطعة تتمتع بالحكم الذاتى فى مملكة الدنمارك تحت حكم مارجريت الثانية، وتصل مساحتها إلى ٢,١٦٦,٠٨٦ كيلومترًا مربعًا، بما يماثل ربع مساحة الولايات المتحدة الأمريكية، وتقع بين أراضى القطب الشمالى والمحيط الأطلنطى، فهى ترتبط جغرافيًا بقارة أمريكا الشمالية إلا أنها ترتبط سياسيًا وتاريخيًا بأوروبا وبصفة خاصة أيسلندا والنرويج والدنمارك، وتعتبر أكبر جزيرة فى العالم، ولكنها ليست فى عداد القارات.
- فى ١٩٧٨ ضمنت لها الدنمارك استقلالها الذاتى وساوت بينها وبين مقاطعات سائر المملكة.
- عاصمتها مدينة نوك **Nuuk**.
- **جزيرة أكيليا Akilia Island:**
- وتقع فى غرب جرينلاند على مبعدة ٢٢ كيلومترًا جنوب مدينة نوك (عاصمة جرينلاند) وتعتبر موقعًا لصخرة أو صخور يعدها الجيولوجيون أقدم صخور رسوبية معروفة وربما أقدم دليل على الحياة فوق الأرض أو فى أى مكان آخر.
- هذا التشكل الجيولوجى عند قمة الطرف الجنوبى للجزيرة، توصل أهل الاختصاص إلى تقدير أقدميتها إلى ما لا يقل عن ٣٨٥ مليون سنة اعتمادًا على الشريط البركانى الذى يقطع تلك الصخور، بل ربما أقدم من ذلك.

- كثيرًا ما يُدَّعى بأن رسوبيات أكيليا تحتوى على أشرطة حديدية ومن المظنون أنها نتيجة للأكسجين الذى تزفره كائنات عضوية تعتمد على التمثيل الضوئى، متضامًا إلى حديد متحلل لتحويله إلى أكسيد حديد غير قابل للذوبان.

- كما يعتقد أنه إذا كان ذلك صحيحًا، فسيكون الوقت المتاح للحياة لتنظيم نفسها ضيقًا على نحو ما، بالنظر إلى أن أدلة أخرى تقترح أن الأرض لم تكن مستعدة لاستقبال الحياة قبل ٣,٩ مليون سنة **(3.9Gα)**.

- **جهنم Hell:**

- وهى الكلمة المألوفة فى الديانتين المسيحية والإسلامية، إلا أن لها ملفوظات أخرى حول ذات المعنى فى مختلف العقائد مثل: **Duat, Diyu, Narako, Limbo, Jahannam, Hel, Hades, Gehenna, Yomi, Tartarus, Sheol, Purgatory** وهى جميعًا تتعلق بموضوعات: مشكلة جهنم، والشيطان، والنار، والكبريت، والتعذيب بالنار، الظلام الخارجى.

- وطبقًا لمختلف الديانات والعقائد تعنى العذاب الذى يعانيه الخاطئون والضالون والأشرار فيما بعد الحياة، وفيما خلا المسيحية والإسلام فعادة ما تشير إلى عالم ما تحت الأرض أو المكان الكئيب المظلم البارد.

- وبعض الثيولوجيين المتخصصين يصفون تفاصيل عديدة لما سيحدث فيها، وباعتبارها دائمة، أما العقائد القائمة على الدورات (كبعض المعتقدات الهندية والصينية مثلاً)، فيرون فيها فترة توسطية بين الحياة والصورة المستنسخة من المرء بعد ذلك بمعنى أنها ليست أبدية.

- وبالمقارنة مع جهنم، فهناك مقام أو موطن الموتى أو ساكنو الجنان، حيث يمثل مقام كل الموتى مكانًا محايدًا للجميع، أكثر منه تعذيبًا للخاطئين بصفة عامة، فيما عدا بعض الموتى المختارين لسكنى الجنة فور الموت مباشرة.

- ويشير الفهم الحديث لجهنم إلى معنى تجريدى كحالة من الفقد والضياع، أكثر منه تعذيبًا حرفيًا تحت الأرض.

- **الحجر النيزكى أورجيل Orgueil meteorite:**

- حجر نيزكى كربونى سقط من الفضاء فى ١٨٦٤/٥/١٤ بالقرب من مدينة أورجيل بجنوب فرنسا (لا يُعرف إلا سبعة من الأحجار النيزكية التى تشبهه وهو يعد من أكبرها)، وقد تهشم إلى عدة أجزاء يمكن مشاهدتها فى متاحف التاريخ الطبيعى فى أوروبا والولايات المتحدة، أما المتحف الفرنسى، فلديه أكبر قطعة من الحجر وتزن ١١ كيلوجرامًا.

- وفى عام ١٩٦٢ أعلن ناجى **Nagy** وزميل له، أنهما اكتشفا عناصر منظمة مختفية فى فجوات الحجر، والتى يمكن أن تكون كائنات حية من أصل فضائى خارجى، وترتيبًا على ذلك؟ فإن هذه العناصر سرعان ما تعرضت للتعقيم بسبب التلوّث الذى أصاب الحجر.

- فى عام ١٩٦٥ عثر فى شريحة من الحجر كانت محفوظة بإحكام فى قارورة زجاجية منذ اكتشافه على كابسولات لبذور داخل تلك الشريحة بينما طبقة الزجاج الخارجية قد استمرت دون أى اضطرابات. وبالرغم من الإثارة فى بداية الأمر فقد بدا أن الاندفاع الأوروبى قد أفسد الأمر وظهر بعد ذلك أنها خدعة قصد بها رفع شأن الجدل القائم فى القرن الـ ١٩ لحساب تحول مادة غير عضوية إلى عضوية.

- **حزام كويبر Kuiper belt:**

- وأحيانًا ما يطلق عليه حافة حزام كويبر **Edgeworth-Kuiper belt** وهو منطقة من النظام الشمسى وراء الكواكب تمتد إلى مدار الكوكب نبتون **Neptune** (إله البحر عند الرومان، وفى الترتيب هو الثامن من حيث البعد عن الشمس)، وهو مثله مثل حزام الكويكبات ولكنه أكبر حجمًا منه (حوالى

٢٠ مرة من عرضه ومن ٢٠-٢٠٠ مرة من ضخامته)، ويتكون مثلـه مـن أجسام صغيرة (متبقية من تشكلات النظام الشمسى وعلى الأقل كوكـب قـزم واحد مثل بلوتو **Pluto**)، ولكن بينما يشتمل حزام الكويكبـات أساسًـا علـى الصخور والمعادن، فإن حزام كويبر يشتمل بشكل واسع على أجسام متجمـدة ملساء قابلة للطيران مثل الميثان والأمونيا والمياه.

- ومنذ اكتشاف هذا الحزام عام ١٩٩٢ لأول مرة، فإن الأشياء المعروفـة مـن مكوناته تزايدت إلى ما يزيد على الألف عـددا وأكثـر مـن ٧٠,٠٠٠ مـن الأجسام الصغيرة (وتكنى اختصارًا: **(KBOs**)، ومن المعتقد أنها باقية هنـاك، ومن المعتقد أيضًا أنه يُعتبر مخزنًا للمذنبات الدورية المتكررة بانتظام وهـى تلك التى يستمر مدارها أقل من مائتى عام، كما يُعتقد أن المذنبات ذات الشكل القنطورى (القنطور حيوان خرافى له جسد إنسان ومؤخرة فـرس)، والتـى تدور حول الغازيات العملاقة يرجع أصلها إلى هناك. كما يمتد المعتقد إلى أن الأجسام ذات شكل القرص المتناثرة (مثل ما يحمل اسم إيـرس **Eris**) والتـى تأخذ مدارًا، ومثل قمر نبتون المسمى ترتيون **Triton** الذى اقتنـصه الحـزام ضمن مجموعته، وهى جميعًا كذلك.

- هذا ويعتبر بلوتو القزم من أكبر ما هو معروف من مجموعة مكونـات الحـزام، والمعتبر بصفة أصلية ككوكب، وله خواص فيزيائية تتشابه ومألوفة عن مكونـات الحزام، ومن المعروف منذ بواكير تسعينيات القرن الماضى أنه يشارك فى مَـدار عدد يشبه مكونات الحزام الصغيرة والمسماة حاليًا البلوتينيات **plutinos**.

- **الحمض الريبى النووى منقوص الأكسجين (الـدنا) Deoxribonucleic Acid (DNA):**

- هو حمض جزيئى يحتوى على التعليمات الجينية، التى تقـوم بعمليـة نمـاء ووظيفية أى كائن حى معروف، ودوره الرئيسى إذن يتحصل فى الحفظ طويل

المدى على المعلومات، ودائمًا ما تقارن الدنا بمنظومة: الطبعة المبدئية، طالما كانت محتوية على التعليمات اللازمة لبناء مكونات الخلية مثل جزيئات البروتين وجزيئات الرنا RNA، وأجزاء الدنا التى تحمل هذه المعلومات تسمى جينات "genes"، وكعمل مساعد للدنا هو قيامها بتنظيم كيفية استخدام هذه المعلومات الجينية.

- ومن الناحية الكيميائية فإن الدنا عبارة عن «بلمرة» (تجميع) لوحدات بسيطة تسمى نيوكليدات وعمودها الفقرى مصنوع من ذرات السكر والفوسفات والتى يوثقها أو يربطها معًا مادة تسمى «إستر» «ester» (عبارة عن مركب كيميائى ناتج عن اتحاد مادة كحولية مع مادة حمضية) ويتصل بكل ذرة سكر واحد من أربعة جزيئات تسمى «قواعد» bases، وتقوم هذه القواعد مع ذلك العمود الفقرى بتشفير المعلومات، والتى تتم قراءتها لاحقًا باستخدام الشفرة الجينية، والتى تخصّ العملية التبعية للحمض الأمينى مع البروتين. والشفرة تتم قراءتها باستنساخ امتدادات للدنا فى الحمض الأمينى ذى الصلة أو المختص. أما وظيفة الرنا فهى عملية تعتبر أول مراحل تعبير الجينات، عما تحمله من معلومات وراثية، ومعظم جزيئات الرنا تستخدم فى تركيب البروتين، أما الباقى فيستخدم مباشرة فى منظومة «الريبوسومات» **ribosomes** والسبليسيومات **Spliceosomes**.

- والدنا داخل الخلايا تنتظم فى كروموسومات ويقال لها «صبغيات»، والتى تحوى كل منظومة من هذه الأخيرة تقوم بتجميع المجموع الكلى للصفات الوراثية للكائن، وهذه الكروموسومات يتم نسخها قبل انقسام الخلية.

- وفى الكائنات المنتمية لأسرة إيكاريوت **Eukaryote** مثل الحيوانات، والفطر فهى تحفظ الدنا داخل جزيئات الخلية، بينما المنتمية لأسرة البروكاريوت **prokaryote**، مثل الباكتيريا، فنجدها فى سيتوبلازم الخلايا، وفى داخل الكروموسومات فثمة بروتين الكروماتين **chromatin** (المادة المكونة

للصبغيات ويتألف من الدنا، متحدًا بالبروتين) مثل «الهستون **Histone**» حيث يتحد أو يندمج الجميع لمساعدة الدنا وتنظيمه بحيث يتحكم فى التفاعلات الجارية.

- **حياة نفسية (الظواهر النفسية ككل Psyche):**
- وقد استخدم المصطلح عبر الميثولوجيا الإغريقية بمعنى المفهوم الإغريقى للنفس أو الذات أو العقل أو الروح.
- وثمة حجر نيزكى باسم **16 psyche**.
- كما يشير نفس المصطلح إلى نوع من الحشرات من أسرة قشريات الأجنحة كالفراشات وغيرها.
- **دودو Dodo:**
- ينتمى الدودو لمملكة الحيوان من النوع الفقارى أو ذات الحبل الظهرى وهو نوع من الطيور (غير القادرة على الطيران) وينسب لأسرة الحمام واليمام ويصل ارتفاعه، وهو منتصب، إلى المتر الطولى، ويتغذى على الفواكه ويبيض على الأرض.
- وكان هذا النوع قد تم تمييزه فى النصف المتأخر من القرن ١٧، وتم تسجيله كقابل للانتساب إلى النشاط البشرى. وتطلق العبارة الوصفية «ميت كالدودو» لتعنى: أنه لا مجال للشك أو التساؤل عن أنه ميت حقيقة. وعبارة «إنه يمضى فى طريق الدودو» لتعنى: أنه متميز أو مهجور أى أن استعمالاته شائعة أو تطبق كثيرًا، أو بمعنى: أنه قد أصبح عتيقًا وينتمى إذن للماضى.
- جذر المصطلح «دودو» ليس واضحًا فربما يرجع إلى تسمية هولندية أو ربما برتغالية والتى نطقوا الكلمة **doudo**، وبشكل شائع **doido** بمعنى «أحمق» أو «مخبول» كما أن اللغة البرتغالية إن تكرر منها مقطعين لغويين متشابهين

فإنهما يشيران إلى اللغة الطفولية. وبذلك تظل كل تلك الفروض وغيرها في نفس المجال مجرد فروض ظنية.

- **ذات الرئة Pneumonia:**

- مرض يصيب الرئة والجهاز التنفسى بشكل عام بسبب قيام المرء أو المريض من خلال الرئة باستنشاق الهواء لامتصاص الأكسجين منه، وباعتبار الهواء معبأ بالباكتيريا المسببة للمرض، ومن هنا - خاصة فى حالة ضعف جهاز المناعة لأى سبب - فمن المحتمل أن تهاجم الباكتيريا الصدر لتلهبه وتغمره بالسوائل. وهذا المرض قد يحدث بسبب يرجع إلى الباكتيريا أو الفطر أو الفيروسات أو الطفيليات، وأيضًا بسبب الإصابات الفيزيائية أو الكيماوية التى قد تقع للرئة.

- وفضلاً عن غمر الرئة بالسوائل فهو يحجز الأكسجين عن الوصول لمجرى الدم. وعادة ما يصاب المريض بالكحة المصحوبة ببصاق يميل لونه للاخضرار أو الصفار، إضافة لارتفاع الحرارة والارتعاش اللا إرادى بسبب الإحساس الزائد بالبرودة، وألم وخزى حاد فى الصدر أثناء الكحة أو أخذ نفس عميق وربما تكون الكحة مدممة، والصداع، وميل الجلد للون الأزرق، والإسهال والقيء وتقلبات المزاج وآلام المفاصل، وفى بعض أنواع ذات الرئة (طبقًا للنوع المسبب لها من الميكروبات) قد يعانى المريض من ألم الأمعاء ونقص الوزن والتعرق الليلى.

- **الرنا RNA:**

- الحامض الريبى أو الرنا هو جزيء حمضى يتكون من عديد من النيوكليدات المتشكلة فى صورة بللورات (متبلمرة) وكل نيوكليد يتألف من قاعدة نيتروجين، ثم سكر ريبى، ثم فوسفات. والرنا تلعب عدة أدوار مهمة فى عملية ترجمة المعلومات الجينية بالحامض الريبى منقوص الأكسجين (الدنا) إلى بروتينات.

وطراز واحد من الرنا يعمل كمرسال بين الدنا وبين البروتين كتركيب معقد يعرف بالريبى، كما أن تشكلات حيوية أخرى من البروتين فى البناء الريبى تعمل كدور رئيسى وضرورى لجعل الأحماض الأمينية تستخدم على نحو صحيح فى تركيب البروتين وفى تحفيز الجينات بحيث تصبح نشطة.

- والرنا متشابهة جدًا مع الدنا، ولكنها تختلف عنها فى تفصيلات تركيبية مهمة، فالرنا عادة مكونة من شريط واحد بينما الدنا تتكون عادة من زوج من الأشرطة، ونيوكليدات الرنا تحتوى على الحامض الريبى بينما الدنا تحتوى على الحامض الريبى المنقوص الأكسجين (تنقصه ذرة أكسجين)، ومن ناحية أخرى تستخدم الرنا فى تركيبها يوراسيل النيوكليدات بدلاً من الثيامين الموجود فى الدنا. ولو أن الرنا منسوخة من الدنا بواسطة إنزيمات تسمى متبلمرات الرنا وبصفة عامة فثمة مزيد من العمليات بمعرفة إنزيمات أخرى بعضها توجهه رنا غير مشفرة.

- يتركب الرنا كيميائيًا من حامض ريبى متبلر يقوم على الفوسفات، ويمثل عموده الفقرى مع أربعة مختلفة من النيوكليدات القاعدية: الأدينين، الجوانين، والسيتوزين، واليوراسيل، ويلاحظ أن الثلاثة الأولى هى نفسها الموجودة فى الدنا، ولكن فى الرنا فقد حَلّ اليوراسيل محل الثيامين وكقاعدة متممة للأدينين – كما أن هناك فى الرنا عديدًا من القاعديات والسكر المُعَدّين لخدمة أدوار أخرى متعددة (ما يقرب من مائة نيوكليد متخصص، يحدث طبيعيًا فى الرنا وليست بعد مفهومه تمامًا).

- **سالمونيللا Salmonella:**

- هى نوع من أنواع الباكتيريا البروتينية، اكتسبت اسمها من عالم الباثولوجى (علم الأمراض ومسبباتها) الأمريكى والبيطرى وإخصائى التغذية دانييل إلمر

سالمون Daniel Elmer Salmon وإن كان زميله ومعاصره ثيوبالد سميث Theobald Smith قد سبقه فى اكتشافها عام ١٨٨٥ فى الخنازير.

- وهى عصوية الشكل تكاد تكون بلا وزن وتسبب حمى التيفويد والباراتيفويد كما أنها قابلة للحركة وتنتج كبرتيد الهيدروجين، كما يمكن عزلها فى سلاطين خاصة فى المعمل، ولأنها بسبب عدوى معوية، فلا بد من أن تكون هذه السلاطين معبأة بمواد وسيطة معينة ومختارة بعناية لأغراض الحماية من العدوى، ويعد عددًا منها بطىء الازدهار فى المعمل، وإن كان «البراز» يُعَدّ مصدرًا لإثراء بيئة الباكتيريا، إذ يكون لها بمثابة حضانة لتضاعف أعدادها.

- **السحابة «أورت» Oort Cloud:**

- من المفترض والمسلم به أنها سحابة دائرية الشكل تتألف من جمع من المذنبات، وتقع بعيدًا عن الشمس بما يوازى مائة مرة من بعد الكوكب أفلوطن Pluto (بلوتو اسم إله الموتى والجحيم عند الإغريق والرومان) عن الشمس أى حوالى سنة ضوئية واحدة تقريبًا، والامتداد الخارجى للسحابة يتماس مع حواف أو حدود النظام الشمسى، ومع أنه لم تقع بعد ملاحظات تؤكد وجود السحابة، إلا أن الفلكيين يعتقدون أنها مصدر لكل المذنبات طويلة المدى أو تلك الشبيهة بمذنب هالى، والتى تعبر إلى داخل دائرة النظام الشمسى (بعض المذنبات قصيرة المدى، وطبقًا لمداراتها، ربما تأتى من حزام كويبر "Kuiper belt").

- من المعتقد أيضًا أن هذه السحابة هى بقايا مستمرة حتى الآن منذ تشكلات الكواكب الأولية من حيث الزمان والتى وُجدت حول الشمس منذ حوالى ٤,٦ بليون سنة مضت، وبما أن حافة السحابة الخارجية تعتبر غير محددة أو ذات وضع تخلخلى مع حافة النظام الشمسى، فمن السهل إذن أن تتأثر بحركات النجوم العابرة أو أى قوى أخرى. ومن أكثر الفروض قبولاً بشأن أصل

السحابة هو أن محتوياتها تشكلت فى البداية فى مكان أكثر قربًا من الشمس كجزء من عملية تشكل الكواكب والكويكبات، ولكن تفاعلات الجاذبية مع الكواكب الغازية العملاقة كالمشترى (جوبتر: كبير آلهة الرومان - وهو أكبر الكواكب السيارة والخامس فى ترتيب بعده عن الشمس) قد أبعدتها إلى مدار شديد الأهليلجية (بيضى الشكل) أو القطعى الشكل، فضلاً عن زيادة طول المدار.

- **السفينة «بيجل» HMS Beagle:**

- وهى سفينة إنجليزية دشنت لأول مرة فى ١٨٢٠/٥/١١ وخصصت للمهام العلمية والتبشيرية، وقامت بثلاث رحلات مهمة وطويلة ثم خرجت من الخدمة عام ١٨٤٥، ليتم تكسيرها وبيعها خردة فى ١٨٧٠، وذلك كله فضلاً عن كونها سفينة حربية أساسًا سُلحت بعشرة مدافع، قُلِّصت إلى ستة مدافع فقط فى رحلات المسح العلمى والذى ارتفعت معه حمولتها إلى ٢٤٢ طنًا بعد أن كانت ٢٣٥ طنًا فقط.

- فى يوليو من ذات العام اشتركت فى إستعراض عسكرى ضمن إحتفالية تتويج الملك جورج الرابع، وباعتبارها أول مركب تبحر تحت كوبرى لندن الجديد.

- فى مهمتها الأولى صاحبت سفينة أكبر منها (٣٨٠ طنًا) لعمل مسح يتعلق بعلم وصف مياه البحار والأنهار **hydrographic**، أما رحلتها الثانية، فهى التى جلبت لها الشهرة باعتبارها أهم سفينة فى التاريخ، ذلك أنه كان على متنها العالم الطبيعى الشاب - حينئذ - تشارلز دارون، والذى جلب معه معلومات ساهمت فى تكوين نظريته عن النشوء والارتقاء والاختيار الطبيعى والتى أُعتبرت من الوقفات المفصلية فى تاريخ العلم، كما أدت إلى تغيير جذرى فى وجهة نظر العلماء وسائر البشر تجاه الكون والحياة.

- أما الرحلة الثالثة فقد كانت تستهدف مسح أجزاء كبيرة من الشاطئ الأسترالى، وهى الرحلة التى بدأت فى ١٨٣٧ واكتملت المهمة فى ١٨٤٣.

- **سلسلة جبال الفلندر Flinders Ranges:**

- منطقة جبلية فى جنوب أستراليا تمتد لحوالى ٨٠٠ كيلومتر شمالاً من قرب منطقة كريستال بروك إلى نقطة بين منطقة **Marree** وبحيرة كالابونا **Callabonna** (جافة)، حيث تسقط إلى منطقة مراعى مسطحة، وبعد ذلك تمتد الأرض المرتفعة مرة أخرى إلى حتى نهاية السلسلة، وتصل الارتفاعات فى بعض النقاط إلى ٣٠٠٠ قدم، و ٣٨٢٥ قدمًا فى بعضها الآخر.

- من بين ما حدث على الأرض فى الفترة البروتيرزنية **Proterozoic** منذ بليون إلى ٦٠٠ مليون سنة مضت ثمة بصمات موجودة حتى الآن تقريبًا فى كل مكان ومن أشهرها منحدرات نشطة من رسوبيات متراكمة تشغل مسافة تتراوح بين ٤٠٠ و ٥٠٠ كيلومتر، كانت قد تثنت وتصدعت فى بواكير العصر الباليوزونى **Paleozoic**، ولكنها عاودت التواجد بشكل متواتر منذ ذلك الحين. وعلى الجملة تعتبر سلسلة جبال الفلندر من أكثر ما تعرض للتآكل حتى إنها تتسم بالتلال والوديان ما بين الجروف شديدة التحدر.

- **سُكْنى الموتى أو «الجحيم» Hades:**

- وتشترك هذه النظرة لما يسمى الجحيم أو جهنم كل من الرؤية الإغريقية والبوذية والصينية والهندية واليهودية والمسيحية والإسلامية بكلمات قد تختلف فى نطقها، كما سيلى بنفس الترتيب: **"Annwn"** و**"Diya"** و**"Dvat"** و**"Hades"** و**"Jahannam"** و**"Gehenna"** و**"Hell"**.

- كما تتصل الكلمة إلى مفاهيم: «الشيطان» و«النار» و«الكبريت» و«عذاب جهنم» و«مشكلة جهنم» و«الظلام الخارجى» وكذا «غير المرئى» ربما فى اللغة الهند أوروبية.

- ومن ناحية أخرى بخلاف النظرة الاصطلاحية، فإن «هـاديس» هـو الإلـه الإغريقى لما تحت الأرض ومقر الموتى، وهو وأخـواه زيـوس "Zeus" و بوسيدون "Poseidon" هزموا القوم التيتانيين **Titans** وحكموا الكون: تحـت الأرض والسماء والبحار.

- والكلمة تشير دائمًا إلى مغزى مروع، وأحيانًا ما تعنى فى المسيحية «سـكنى الموتى» الذين ينتظرون فيه يوم الدينونة للحـساب، إمـا لـسلام الأبديـة أو التعذيب.

- أنظر أيضا الشروح الواردة فى هذا الموقف لمصطلح «جهنم».

- **سيتوكروم س. «Cytochrome C» :**

- واحد من الأصبغة الحيوية الواسعة الانتشار فى الأنسجة الحيوانيـة والنباتيـة التى تلعب دورًا مهمًا فى إحداث الأكسدة **oxidase** ونقل الأليكترونات.

- وهو إنزيم يتكون من جزيئات معزولة (أحادية) أو كوحدات ثانويـة ضـمن إنزيم أكبر وأكثر تعقيدًا والذى يحث على التفاعل الكيميائى المحتـوى علـى الإنقـاص **reduction** والأكـسدة **oxdation** معًـا، وذلـك داخـل أغـشية الميتوكوندريات وداخل الشبكات النسيجية فى البلازما. ولكن فقط فى الأنـواع المنتمية لجنس الإيكاريوت وفى الجزء المخضَّر المائل للصفرة فـى النبـات المفتقد لعناصر تغذيته)، وفى الأنظمة الميكروية من العضويات المعتمدة على التمثيل الضوئى، وفى الباكتيريا.

- وهو يتكون من مجموعات **D, B, A**، ولا توجد مجموعة **E**، وإنما توجد فيـه مجموعة **F**، التى تعتبر طرازًا من المجموعة **C**، والمجموعات الثلاث الأولى تنتمى إلى الجزء الحديدى من البروتوبورفيرين، وهـو القـسم الخـالى مـن البروتين والمسئول عن إعطاء الهيموجلوبين لونه، كما يقوم بنقـل جزيئـات الأكسجين، أما النوع **C** فتحدد وظيفته فى النقطة الأولى المشار إليها عاليـه،

باعتباره آخر بروتين فى سلسلة نقل الإليكترونات، حيث يستقبل إليكترونًا واحدًا من جزيئات السيتوكروم س. الأربعة وينقلها إلى حالة جزىء أكسجين، محيلاً له إلى جزيئى مياه.

- **السيلان (مرض جنسى) Gonorrhea:**

- وهو واحد من أكثر الأمراض انتقالاً من فرد لآخر فى العالم، ويرجع اسمه إلى لفظة إغريقية تعنى حرفيًّا: فيضان البذور حيث كان من المعتقد وقتئذ – على سبيل الخطأ – أنه يرجع إلى مرض معين فى السائل المنوى.

- الباكتيريا المسببة له تسمى: **Neiseria gonorrhea** وهى بلا وزن تقريبًا، والذى يحدث ألمًا فى أغشية مجرى البول والقنوات القريبة من المستقيم وذلك فى الرجل، أما المرأة فيصاب الجزء الخارجى للعضو الجنسى، كما الجزء الداخلى منه إلى حتى عنق الرحم، وتأتى العدوى من قيام مواقعة بين طرفين، أحدهما مصاب، كما ينتقل المرض إلى الأجنة لدى الأمهات المصابات.

- للمرض أعراض عديدة ظاهرة وأصبح مسيطرًا عليه طبيًا.

- **سيف داموكليس Sword of Damocles:**

- ويعبر ذلك عن نادرة أخلاقية من بين الأساطير التى أضافت للثقافة الإغريقية، وبالذات فى مؤلف «التاريخ المفقود لسيسليا» **Ciscily**، والذى وضعه تيماوس من توورومنيوم "**Timaeus of Touromenium**" (٣٥٦–٢٦٠ قبل الميلاد)، كما استعان بها شيشرون **Cicero** فى إحدى كتاباته.

- كان داموكليس أحد المتملقين الكبار فى حاشية ديونيسوس الأول **Dionysius** فى القرن الرابع قبل الميلاد طاغية سيركوزا **Syracuse**، بإيطاليا وكان محظوظًا نافذ القوة والسلطة، والذى أعلن بقوة عن رغبته فى أن يحل أحدهم محله فى السلطة ليوم واحد، وفى المساء أقام مأدبة كبيرة ولكن قبل بداية

المرح والابتهاج أمر الطاغية بأن يعلق سيفًا بواسطة شعرة واحدة من ذيل الحصان مباشرة فوق رأس داموكليس المختار لأداء هذه اللعبة، والذى كان فى الوقت نفسه متعطشاً، لأن يكون حاكمًا، ولكنه سرعان ما امتشق السيف، وفقد شهيته للطعام والأطفال رائعى الجمال المنتشرين حول المأدبة، وأمر الطاغية بأن يغادر، حيث لم يعد بعد محظوظًا ولا حاكمًا.

- وعلى ذلك فإن الحكاية تتضمن تلميحًا أو كناية تلخص الخطر الوشيك الحدوث الذى يواجه ذوى المكانة والقوة. وبشكل أكثر عمومية تستخدم الحكاية للإشارة إلى الموقف المشكوك فيه ومن ثم الحس بالنذير أو الهاجس الذى يدمر، بصفة خاصة، هؤلاء المعتمدين فى حياتهم على لحظة رقيقة من الحظ، والأكثر من ذلك أنه يمكن النظر إلى الحكاية كدرس على أهمية فهم خبرة الآخرين.

- **شهود يهوه Jehovah's Witnesses:**

- وهم أعضاء حركة مسيحية جديدة فى الديانة المسيحية ويحملون نفس هذا الاسم، ويؤمن المشايعون لهذه الحركة أنهم يحيون مسيحية القرن الأول، وبأنهم بذلك يستجيبون لما يرونه من فساد وتحايلات فى التيار الرئيسى للمسيحية. وعلى ذلك هم يناقشون موضوعات مثل «الثالوث المقدس» (الأب والابن والروح القدس)، و«نار جهنم»، و«خلود الروح»، وكذا التقسيم الحادث بين رجال الدين وجمهور المؤمنين، باعتباره إضافة غير منطقية لتعاليم المسيحية الأصلية.

- والاسم مبنى على نص فى الكتاب المقدس، وتم تَبَنِّيه على هذا النحو عام ١٩٣١، كما أصبحوا ينتفعون بوجود جماعة المراقبين « **Watchtower Society**» وفرعها فى نيويورك باعتبارهما شرعيتين وظلوا ينشرون المواد الدينية الوعظية وكراسات التبشير منذ القرن الـ ١٩، وقد وصل تابعو الحركة حتى أغسطس ٢٠٠٦ إلى ٦,٧ مليون عضو.

- من تعاليمهم الأساسية استخدام اسم يهوه للرب ونشره بين الناس باعتبار أن ذلك يعظِّم مقامه الرفيع، وأن موت المسيح كان ضروريًا للتكفير عن الآثام التى أتى بها آدم للأرض وهو ما يفتح الأمل للبشرية للحياة الأبدية للروح، وأن ١٤٤,٠٠٠ فرد قد تلقوا الحياة الأبدية على يد المسيح لمساعدته فى تسيير الأمور خلال الألفية التى سيجىء فيها، ويؤمنون كذلك بأنه خلال معركة «أرماجيدون» **Armageddon** الوشيكة الوقوع، سوف يتم تدمير الأشرار، وأن الناجين من المعركة هم وغيرهم من ملايين البشر سوف يبعثون للحياة فى مجتمع أرضى جديد، تحكمه سلطات سماوية وثمة إمكانية إذن للحياة بشكل أبدى فى جنة أرضية.

- وتتجذر المسألة فى الحركة المعروفة باسم «تلامذة الكتاب المقدس» **Bible students**، التى سبق أن تأسست فى أخريات سبعينيات القرن الـ ١٨، بمعرفة تشارلز تاز رسل **Charles Taze Russell**، وبعد موت الأخير تفرق أتباعه فى جماعات متشظّية، وهؤلاء الذين شايعوا «جماعة المراقبة» غيّروا التسمية المشارَ إليها إلى شهود يهوه المستخدم حتى اليوم، بينما بعض الحركات المتشظية تلك احتفظت باسم «تلامذة الكتاب المقدس» ولا يزال يوجد القليل منهم حتى اليوم.

- **الصحراء الرملية الكبرى Great Sandy Desert:**

- وتغطى مساحة قدرها ٣٦٠,٠٠٠ كيلومتر مربع، ممتدة فى الشمال الغربى لأستراليا، وهى بهذا القدر تعتبر جزءًا من صحراء أكبر تعرف باسم: الصحراء الغربية، وهذه المساحة الواسعة من غرب أستراليا لا يقطنها سكان إلا على نحو نادر ولا توجد بها إقامات مستمرة ذات معنى.

- مستوى الأمطار هناك منخفض على الشواطئ فى الشمال، وتعتبر بشكل عام متناثرة فى مناطق متفرقة، بل وهناك سنوات كاملة من الجدب والقحط غالبًا

ما تنتهى بالرياح الموسمية والأعاصير الإستوائية أو المدارية الحلزونية. كما أن أيام الصيف الحارة تعتبر من أكثرها حرارة فى أستراليا بأسرها. حتى إن بعض الناس تلقى حتفها عندما تتعطل سياراتهم فى الطرق البعيدة.

- وثمة أنشطة اقتصادية صغيرة فى مثل هذه الظروف، من أهمها عمليات التعدين والمناجم الخاصة بالذهب والنحاس والتى أكتشفت لأول مرة فى سبعينيات القرن الماضى.
- والطبيعة النباتية هناك، يغلب عليها الطراز الشوكى، أما الحيوانات فهى ضارية كالجمال والكلاب الأسترالية وبعض السحالى والطيور.
- **طريقة كيريليان فى التصوير الفوتوجرافى**

Kirlian Photography

- ويقصد بها الأسلوب الذى اكتشفه بالمصادفة سيمون كيريليان **Semmyon Kirlian** عام ١٩٣٩، حيث وجد أنه لو أن شيئًا ما موضوعًا على لوحة التصوير الفوتوغرافى وتم توصيلها بمصدر كهربى له فولت، وتردد عالى الدرجة، فسوف تتشكل ما يشبه الهالة حول هذا الشىء بسبب المجال الكهربى القوى حول حواف أو تخوم الشىء ومنشئة صورة له على اللوحة.
- وهذه الطريقة تختلف تمامًا عما يسمى أورافوتوجرافيا **"Aura Photography"**، التى تظهر فيه صورة ملونة لوجه الشخص (ما فوق بدنه) باستخدام أساليب متنوعة من الاسترجاعات البيولوجية. وبسبب شيوع اسم طريقة كيريليان فقد جرت العادة على إطلاق الاسم على كليهما بالرغم من اختلاف التقنية فى كل منهما، وبما يؤدى إلى الارتباك أو الاضطراب لدى غير العارفين.

- ومنذ ذلك الحين، تمت اكتشافات منفردة على نفس النغمة والتي سميت «التصوير الكهربائى»، فقد عُرف تصوير الوثائق «زيروجرافيك Xerographic» عام ١٧٧٧ بمعرفة جورج كريستوف ليختنبرج Georg Christoph Lichtenberg، وهذا قبل كيريليان ثم بعده فى أواخر القرن ١٩ وبدايات القرن الـ ٢٠، ومع ذلك فقد ظلت «طريقة كيريليان» هى المتداولة.

- وعلى المستوى الميتافيزيقى فقد ادعى كيريليان، بأن طريقته تلك والمنشئة لما اسماه «طاقة كيرليان» تثبت وجود الهالات «auras» الفوق طبيعية التى قيل بأنها تشبه الخطوط الخارجية للشيء مثل الهالة الملونة، وهو ما كان محلاً للجدل والخلاف، وقد أجريت تجربة متقدمة فى ذلك على ورقة شجر منتقاة لبحث هذه الطاقة المدعاة، وقيل إن المسألة أقرب علميًا بأنه عندما تفقد الورقة، الرطوبة فيها فإنها تكون أضعف فى توصيلها الكهربى، مما يسبب ضعفًا تدريجيًا فى المجال الكهربى الناشئ عند الحروف الجافة للورقة.

- **عاشقات التطرف Extremophile:**

- وهو نوع من الكائنات الحية المجهرية الحجم، أغلبها ميكروبات تنتمى لأسرة نوع «الأرشيا» ومعها البعض من نوع الباكتيريا، والتى يزدهر نماؤها وتكاثرها بقوة فى ظل ظروف غاية فى التطرف سواء احتاجت فى هذا النماء لمصادر فيزيائية أو كيميا أرضية، وسميت بهذه الكنية لتضم أنواعها المتنوعة والمتجددة فى نفس السلالة، فمنها من يحيا فى الأجواء البالغة الحرارة، ومنها من يعيش فقط فى درجات حرارة متوسطة، إلى جانب من يعيش فى ظل حرارة منخفضة الدرجة، وهى تحيا فى مواطن داخل الصخور الحارة فى باطن الأرض أو بالقرب من فوهات البراكين فى قيعان البحار والمحيطات.

- وهى متعددة الأنواع حتى فى المعروف منها حتى الآن، فمنهـا مـثلاً الـ hyperthermophiles ودرجة الحرارة التى تستلزمها ٦٠- ٨٠° درجة مئوية وقد تصل إلى ١٢١° مئوية، وكان أول إكتشاف لهـا فـى سـتينيات القـرن الماضى ومنذ ذلك الحين تم إكتشاف أكثر من ٥٠ نوعًا، منها العائش فى جـو حمضى بالكامل أو قلوى بالكامل أو وسط شديد الملوحة أو والذى يتغذى على النحاس أو الحديد أو الزرنيخ ونوع ذاتى التغذية وهكذا.

- وإذا جئنا للفرع من العلوم المسمى **Astrobiology** (البيولوجيا الفلكية) وهـو العلم الذى يهتم ببناء نظريات حول توزيعات الحياة الطبيعية والمستقبلية فـى الكون، ويتعاون فى هذا العلم المكتـشفون ومتخصـصو الميكروبيـة البيئيـة والفلكيون وعلماء الكواكب وإخصائيو الطبقات الأرضية، وحتى الفلاسفة ومـن هنا انصب الاهتمام على هذا النوع من العضويات التى يمكنها أن تزدهـر فـى ظروف تشبه الأجواء التى تُعرف حتى الآن على كواكب أخرى (علـى سـبيل المثال: المريخ و «أوروبا» قمر كوكب زحل).

- **العشوائية أو التشتتية Stochasticity (random):**

- ثمة ما يعرف بـ: «التكون التشكلى» والذى يعنى نوعًا من هندسة البنـاء أو النمو، أى كل العمليات التى تأخذ فيها أجزاء أى نظام متنام شـكلها النهـائى وتشغل به حيزًا لها فى الفراغ، وهو ما ينطبق على النظم الحيـة (حيـوان أو نبات) فى كل مستويات حجمها ابتداء من بدن الفيل مثلاً إلى أصغر خلية، كما ينطبق أيضًا على حركات القوى الفيزيائية.

- وكثير من هذه العمليات لا تظهر منها إشارات واضحة، أين تكمـن مختلـف العناصر التى ستصبح الشكل المحدد (كالعين مثلاً) إلا بعد ظهورها بالفعـل، ولم ينجح العلماء بعد فى تحديدها، وإن كانوا آخذين بجدية فى البحث.

- ومن أقدم المقترحات فى ذلك أن ثمة منطقة فى مجال التشكل، تكون هى الغالبة ويفترض أن لها تركيزًا مرتفعًا من عنصر أو نشاط يتحقق بطريقة متدرجة فى هذا المجال عن طريق ما يعرف بدرجة الميل.

- وهناك اقتراح آخر، يعتبر أنه مادامت الخلايا بالنسبة لنظامها الحاكم تتصف بالسلب، فيما يتعلق بالمعلومات الاسترجاعية، فإن سلوكها يميل للتأرجح، ومن المتوقع أن تكون خاضعة لنمذجة موحدة، إلا أن من بينها عناصر تنثر أو تريق جسيمات قادرة على التأثير على الخلايا المجاورة، ومن السهل تخيّل إمكانية تموضعها فى مناطق ذات سعات معينة من خلال قوافل من موجات تشع أساسًا فى كل اتجاه من تلك العناصر إلى هذه المناطق، وهذه أطلق عليها مصطلح "Stochasticity".

ملحوظة: ما تم تحريره هنا يخص الخلايا، ولكن كلمة عشوائية random أعم من ذلك بكثير – والشىء نفسه بالنسبة لكلمة Stochoutisity.

- **الڤايكنج (غزاة الشمال) Viking:**

- والكلمة الإنجليزية (وهى مفردة) تشير بصفة عامة إلى واحد من أولئك الإسكندناڤيين العاملون بالبحر فى التجارة والحرب (الغزو خصوصًا) والقرصنة أو قاطنى بلادڤيك Vik (أصل موطنهم). والذين أغاروا واستعمروا مساحات عريضة من أوروبا منذ أخريات القرن الثامن إلى القرن الحادى عشر. هؤلاء الشماليون استخدموا سفنهم المشهورة بطولها الذى لم يكن مألوفًا آنذاك فى الإيغال إلى الشرق البعيد حتى نهر الفولجا فى روسيا، وإلى أقصى الغرب حتى نيوفوندلاند، وفى التاريخ الإسكندناڤى يشار إلى تلك الفترة الممتدة بعصر غزاة الشمال.

- **فوهة بركان جوزيف Gusev Crater:**

- وهو بركان فوق كوكب المريخ، ويصل مقياسه إلى ١٧٠ كيلومترًا، وكان قد تشكل منذ ثلاثة إلى أربعة بلايين سنة مضت، وتمت تسميته كذلك نسبة للفلكى الروسى ماتفى جوزيف Matvei Gusev (١٨٢٦–١٨٦٦).

- ثمة نـوع من نـظم القنوات يسمى «مـاديم ڤاليـس» **Ma'adim Vallis** (فى المريخ)، ربما نزح مياهًا سائلة أو ثلوجًا فى وقت ما ونقطـة مـا مـن التاريخ المريخى. باعتبار أن تلك الفوهة تبدو كموطن سابق لبحيـرة مليئـة بالرواسب، التى تصل ثخانتها إلى ٣٠٠ قدم، وأن المتحصل فـى النهايـة لا يبدى سوى طبقات ضئيلة، كما يعتقد بعض الباحثين أن تشكل الأراضى فـى الصور المرسلة من المهام الفضائية فى هذا المجال تقترح أن المياه ربما بقيت هناك لمدة طويلة، بينما البعض الآخر يرى أن الصور المرئية لفوهـة مـاديم ڤاليس، والمؤدية لدخول فوهة جوزيف تشبه بعض تـشكلات أرضـية لـدلتا الأنهار، والدلتا من هذه الطبيعة ربما يستغرق تشكلها عشرات أو مئات الآلاف من السنين، ويقترحون بذلك أن المياه المشار إليها فى المريخ، ربمـا بقيـت آمادًا طويلة.

- أما الصور المرسلة من مركبات الفضاء المرسلة من الأرض لتدور فى مدار المريخ بغرض استكشافه، فهى تشير إلى أنه ربما كانت هناك مياه فى إحـدى المرات مشكلة بحيرة كبيرة بالقرب من مصدر ماديم ڤاليس، والتى ربما كانت قد أمدت هذا المصدر بالمياه اللازمة، وليس معروفًا بعد، هل كانت هذه المياه بطيئة ومستمرة أو كانت متقطعة ومتشتتة أو إنفجارية، أو ربما كانت جمعًـا بين هذين النموذجين؟

- وقد كانت تلك الفوهة تحديدًا مقرًا لهبوط إحدى المهام الفضائية الاستكـشافية لسطح المريخ، إلا أنها لم تصل للهدف المطلوب بالدقة المأمولة.

- **الكائنات الحية العائشة بين المسام الصخرية Cryptoendolith (Endolith):**

- وهى كائنات عضوية (من أنواع الأرشيا والباكتيريا والفطريات)، والتى عادة ما تعيش داخل الصخور وقواقع أو صـدفات الحيوانـات المرجانيـة اللـون (القرنفلى الغامق) أو بين مسام البذور المعدنية. وأغلبيتها من النوع المتطرف

الذى يحيا فى أماكن، كان يظن قبلاً أنها غير آهلة بالأحياء وهى بالتالى محل اهتمام بالغ من علماء الحياة الفلكية (الفضائية) **astrobiologists**، والذين يرون (نظريًا) أن مثل هذه البيئات على سطح المريخ ربما كانت ملاذًا ممكنًا للمجتمعات الميكروبية خارج نطاق الأرض.

- وقد عثر على هذه الكائنات بين الصخور على عمق ثلاثة كيلومترات (ومن غير المعروف أن هذا العمق هو نهاية المطاف بالنظر إلى تكاليف الحفر الأعمق)، والتهديد الأساسى يتمثل فى وجود هذه الكائنات فى حالة ازدهار وتكاثر ودرجات حرارة متطرفة فى أعماق المحيطات، ومتطرفة البرودة بقارة أنتراكتيكا.

- **كارما Karma:**

- والكلمة تعنى: «العمل، الحركة، الأداء» بمعنى أن أى عمل أو تصرف شائن فى الديانة الهندية يدل على الدائرة الكاملة للسبب والنتيجة، وذلك فى كل من فلسفات الهندو والسيخ والبوذية واليان. ويختلف تفسير الكارما طبقًا للتقاليد الموجودة فى البيئة التى تمارس فيها، وإن كانت تشير فى العادة إلى مجموع ما يفعله الفرد. وهى غير مهتمة بالجزاء: مكافأة أو عقوبة ولا بالانتقام، وإنما ببساطة هى معنية بما يكون بالفعل، فكل تأثيرات الأعمال السيئة والتى تصنع الماضى والحاضر والمستقبل بكل تجاربه بما يؤدى إلى مسئولية الفرد عن حياته والسعادة والألم اللذين سبّبهما للآخرين – وبالنسبة للمؤمنين بالتناسخ فى الأرواح فإن الكارما تمتد فى حياة المرء الحالية، وكل الماضى والمستقبل بحيواته فيهما، فهى إذن نوع من التراكم أو التجميع.

- هذا ويعتبر «قانون الكارما» شيئًا مركزيًا فى الديانة الهندية، فكل الكائنات الحية مسئولة عن كارماها (أعمالهم وآثار هذه الأعمال)، ويمكن تعقب المصطلح فى «الأوبانيشادا» القديمة.

- وجدير بالذكر أن التقاليد المسيحية المحصورة على فئة قليلة من الناس من كبار رجال الدين وبعض المدارس المسيحية الخاصة يعالجون هذه المسألة تحت عنوان: «قانون السبب ونتائجه» حيث إن روح تعليم المسيحية يتمحور حول أن قانون الخطيئة والموت ربما يتم تجاوزه من خلال «الحب» الذى يحفظ الأبدية.

- **الكمال الأول (الموجود المتحقق بالفعل: عند أرسطو) Entelechy:**

- وهو مفهوم فلسفى صكه أرسطو ويتجذر من تجميع كلمات إغريقية هى: **enteles** (كامل) و **telas** (نهاية، غرض أو هدف، إتمام) و **echein** (يمتلك) وهو ما يعنى فى اللغة الإنجليزية إلى ما يترجم إلى: (امتلاكه النهاية فى ذاته) وكان يعنى لدى أرسطو حالة خاصة من الوجود، يعمل فيها الشىء بهمة على أن يصبح ذاته والتى يمكن أن تقاس بكلمة «النشط».

- وفى بعض الأنساق الفلسفية تعنى الدفع الذاتى لأن يصبح المرء ذاته كامل التحقق، وهى فكرة مركزية فى فكر ليبنز **Leibniz** ومونادته: فكل نفس واعية هى مونادا مستقلة تمامًا عن كل شىء وعن الاتصال بأى مونادا أخرى إلا من خلال القوة الإلهية.

- وعلى المستوى البيولوجى عزاها هانز دريش **"Hans Driesh"** إلى «الحيوية» بمعنى أن كل شىء حى يتحرك بواسطة هذه «الحيوية»، وهى بمفهومه ذاك تعادل «الأنا» **"Id"** عند فرويد و **"élan vital"** بالفرنسية، وتشى **chi** فى الصين وبرانا **prana** الهندية أو ما اسماه ويلهلم ريخ **"Wilhelm Reich"** بالطاقة الأورجونية **"orgone energy"**، وبذلك كان ويلهلم أول من ذهب بالمصطلح إلى ما وراء التنظير من خلال بناء مميزات قابلة للتراكم مباشرة، وتصبح لها تطبيقات عملية فى الكائن البشرى وفى الجو، كما إدعى وارثو نظريته بأن مثل هذه

الميزات تمثل الطاقة الرئيسية للفرد وللكون نفسيًا وفسيولوجيا، وأن ركود التراكم الذى قال به ويلهلم يؤدى إلى اللا نظام، ولكن مثل هذه الدعاوى يصعب إخضاعها للاختبار العلمى الصارم وهى أيضًا تتناقض مع **entelechy** التى قصدها أرسطو، وإنما تتفق مع ما عناه بـ «الحيوية».

- ومما يذكر أن هيجل قد أشار إلى المصطلح فى فلسفته المسماة بالظاهراتية.

- **كمبرلى Kimberley:**

- هى واحدة من المناطق التسع التى تنقسم إليها أستراليا الغربية ويحدها من الغرب المحيط الهندى، ومن الشمال بحر تيمور **Timor Sea**، ومن الجنوب صحراء تونامى والرملية الكبرى **Great Sandy and Tunami Deserts**، ومن الشرق الأراضى الشمالية – وهى تغطى مساحة تبلغ ٤٢٥ ألف كيلومتر مربع، وهو ما يعادل ثلاثة أمثال مساحة إنجلترا، أو يتطابق تقريبًا مع مساحة ولاية كاليفورنيا الأمريكية – ويبلغ عدد نسماتها ٤٨ ألف نسمة يتزايدون بمعدل ٤,٨٪ سنويًا يتوزعون على مدن بروم **Broome**، ودربى **Derby**، وكونونورا **Kununurra**، وحوالى ٣٪ من الجميع ينحدرون من أصول أبورجينية.

- تتميز بأجواء إستوائية وبوفرة الرياح الموسمية، وخلال الفترة الرطبة من نوفمبر إلى أبريل تتلقى المنطقة حوالى ٩٠٪ من أمطارها السنوية، ومن المعتاد فيها الأعاصير الحلزونية أو الزوابع، خاصة حول بلدة بروم، وفى الفترة الجافة من مايو إلى أكتوبر تهب نسمات جنوبية شرقية مع نهارات مشمسة وليال باردة نسبيًا.

- تكونت فيها الحيود البحرية الكثيرة منذ العصر الديفونى **Devonian** ولم تزل منظورة حتى اليوم – ويقوم اقتصاد المنطقة على ازدهار مزارع اللؤلؤ من

أنواع معينة، فضلاً عن إيجار المراعى وبعض الزراعات فى المناطق المؤهلة بنظم الرى إلى جوار الأنهار، وبالإضافة إلى ذلك فهناك حقول للبترول وتوقعات بحقول الغاز إلى جانب التعدين العادى بمناجم الزنك والرصاص.

- ماربل بار **Marble Bar**:

- مدينة صخرية التكوين فى الشمال الغربى لأستراليا أُعلنت رسميا عام ١٨٩٣ بعد اكتشاف الذهب فى المنطقة عام ١٨٩٠، وجاء اسمها من وجود قضيب من حجر كريم ضارب للسواد (اليشب) بالقرب منها وكان معروفًا بنفس الاسم، والذى يمر بمجرى نهر كونجان **Coongan**.

- ومن المعتقد أنها أكثر أماكن الأرض ارتفاعًا فى الحرارة (جاء ذكر ذلك بالتفصيل خلال التعريف بمنطقة «بلبارا»، وعلى غير المواقع سيئة السمعة مثل وادى الموت **Death Valleg** بالولايات المتحدة، فليست لها، طبوغرافيًا، ملحوظة يمكن أن تؤدى إلى هذا الشذوذ الحرارى، كما فى وادى الموت أو بعض مناطق الشرق الأوسط.

- ويقع بالقرب منها منطقة تعرف بالقطب الشمالي (غير القطب الشمالى للأرض) لا شك فى ارتفاع درجة حرارتها، وتعد موقعًا لتشكلات صخرية، والتى أُعتبرت لفترة على أن بها دلائل على تواريخ الحياة على الأرض منذ عدة ملايين مضت من السنين.

- المبدأ الأنثروبولوجى **Anthropic Principle**:

- تنحدر الكلمة من الأصل اليونانى **anthropos**، وتعنى الإنسان ومن الأصل **morphe** وتعنى "شكل"، وقد تأسست الأنثروبولوجيا من العلم الذى يتركز على الإنسان من حيث أصوله وتنوعاته الثقافية والشكلية واللونية... إلخ. وكذا تنوع أنشطته.

- وأخذ هذا العلم يتطور على يد كثرة من العلماء من أبرزهم دارون ومندل ولامبروزو. وأخيرًا جنحت الفيزياء إلى إمداده بمقاييس معيارية، أفاد منها كثيرًا، وهكذا أصبح شائعًا الحديث عن المبدأ الأنثروبولوجي وعما يسمى **anthroposphere** أي عالم الأحياء الذي يحكمه ويسيطر عليه الإنسان، وأيضًا ما يعرف **anthropomorphism** ومثلها ما يعرف في التراث الإسلامي عند فرق «المشبهة» بقولهم بتشبيهات إنسانية لله مثل «يد الله» وعين الله... إلخ.

- **المذهب الذرى Atomism:**

- وهى النظرية التى ترى أن كل الأشياء فى الكون مؤلفة من أشياء صغيرة للغاية (ذرات) غير قابلة للتجزئة إلى ما هو أصغر منها، وبذلك تمثل لبنات بناء جميع الأشياء: وبمعنى أن الحقيقة بأكملها تعتمد على هذه الذرات غير المنقسمة. وينحدر المصطلح من الكلمة الإغريقية **otomos** بمعنى غير القابل للقطع إلى أجزاء أصغر منه، ويشير المعنى عند هؤلاء القدامى إلى أنها غير مرئية أيضًا.

- وأهمية هذا المفهوم الفلسفى جاءت من أن الفيزيائيين والكيميائيين من القرن الـ ١٩ كانوا يظنون أن الذرات هى التى لا يمكن تجزئتها أو غير القابلة للقطع، كما عند الأولين، إلا أن المفهوم تغير على نحو دراماتيكى فى القرن العشرين والذى كشف عن أن هذه الذرات تتألف مما هو أصغر منها كالأليكترونات والنيوترينات والبروتونات كما كشفت تجارب أحدث على أن البروتونات بدورها تتألف من عناصر أساسية باسم «القواركات» **quarks**. وهذه التقسيمات أدت إلى ظهور التساؤل: هل المادة تنقسم إلى ما لا نهاية؟ ما دام غياب الدليل لا يعنى الدليل على الغياب.

- تجب هنا الإشارة إلى أن ثمة فرقًا بين الذرات فى العلوم الفيزيائية والذرات فى الفلسفة، والتى تعنى دائمًا المذهب الذرى عند بزوغه لدى الإغريق، حين اعتقدوا أن لبنات بناء الحقيقة والتى أساسًا تعتبر بناء أى شيء موجود هى رفيعة بدرجة لا تكاد تصدق، لدرجة أنها لا تحوز وجودًا فيزيائيًا ولا يمكن فلقها أو تخزينها أو قطعها مثل «النقطة» أى لا حجم لها أو أنها رفيعة للغاية، كذلك كان الشأن عند الإغريق وعند البوذية الهندية. وأدى هذا التقليد إلى وضعية تقول بأن الذرات وحدها هى التى تحوز صفة الوجود وألاّ شيء فى الموجودات مؤلف أو مركب من أشياء أخرى وهو ما يعنى أن الأجسام البشرية والسحب والكواكب أو أى شيء آخر فليس لهم وجود، وقد ناقش هذا ديموقريطس وهوبز، بل حتى كانت (هناك جدل حول ما إذا كان ذريًا أم لا) فيما يعرف بالعدمية الميتافيزيقية، وآخرين غيرهم، إلا أن الأمر لم يعد كذلك فى الفلسفة المعاصرة لأن أغلب الفلاسفة المعاصرين لم يعودوا قابلين لمناقشة أن الذرات وحدها هى الموجودة.

- **مجرّة (المرأة المسلسلة) أندروميدا Andromida Galaxy:**

- وهى تعرف أيضًا إضافة إلى هذه التسمية بـ: **Messier 31**، أو اختصارًا **M31** (ويرجع أصل الاسم لأميرة حبشية تم تقييدها بالسلاسل على جرف عال، لكى يلتهمها غول، إلا أن بيرسيوس أنقذها وتزوجها – وهذا فى الميثولوجيا الإغريقية).

- وتعتبر هذه المجرة **M31** هى أكبر مجرة مغزلية الحركة فى المجموعة المحلية **Local Group**، التى تشتمل على أندروميدا ودرب التبانة **Milky Way** والمجرة الثلاثية **Triangulum Galaxy**، وهى أيضًا أقرب المجرات لمجرتنا (التبانة) بمسافة تقدر بحوالى ٢,٥ مليون سنة ضوئية. ولو أنها الأكبر، فربما لا تكون الأضخم، لأن درب التبانة يحتوى على مادة معتمة أو مظلمة أكثر ولذلك قد تكون الأكثر ضخامة فى المجموعة.

- ومع ذلك تشير الملاحظات التلسكوبية وأيضًا القادمة من أقمار الملاحظة الصناعية إلى أن مجرة **M31** تشتمل على تريليون (١٠^١٢) نجم، وفي تقديرات عام ٢٠٠٦ أن كتلة درب التبانة تمثل ما يقرب من ٨٠٪ من كتلة أندروميدا.

- وتقترب أندروميدا من الشمس بسرعة ٣٠٠ كيلومترًا في الثانية، وبالنظر لحركة المجموعة الشمسية داخل درب التبانة (الطريق اللبني). فإن المرء يجد أن مجرة **M31** ومجرة التبانة تقترب كل منهما إلى الأخرى بسرعة تتراوح بين ١٠٠ و ١٤٠ كيلومترًا في الثانية، ومع ذلك، فإن هذا لا يعني أنهما بالتأكيد سيتصادمان ما دامت سرعة التماس بينهما أو الانحراف العرضي تظل مجهولة لنا، وإذا كانا على مجرى التصادم فالمتوقع أن يحدث ذلك في مدى حول ٣٠٠ بليون سنة. وفي هذه الحالة فإنهما سيندمجان ليشكلا مجرة عملاقة إهليلجية أو بيضاوية الشكل. ومثل هذه الحوادث تعتبر مألوفة بين المجموعات المجرِّية.

- **مركبة الفضاء أبوللو Appollo Space-craft:**

- وهي مركبة صُمِّمت كجزء من برنامج «أبوللو» (إله الشعر والموسيقى والجمال الرجولي عند الإغريق) الذي أعدته الولايات المتحدة الأمريكية في بواكير ستينيات القرن الماضي بغرض إنزال رجال على سطح القمر والعودة بهم سالمين بما لا يتجاوز عام ١٩٧٠. والمركبة تم تصميمها من عدة وحدات أو مراحل تعمل جميعًا معًا لتحقيق تلك المهمة، وهي (من القمة للقاعدة) نظام الانطلاق الذي سيهرب من جاذبية الأرض، ثم المركبة الرئيسية، ومركبة الخدمات، ثم المركبة القمرية ومركبة الوصلة بينها وبين باقي الأجزاء، وكل هذه الأجزاء سوف تكون على قمة الجزء الخاص بمعدات الإطلاق.

- المعبر الجنوبى The Southern Cross (Crux):

- ويسمى كذلك فى مقابل المعبر الشمالى وهو من أصغر المجموعات الكوكبية الثمانى والثمانين الحديثة، ولكنه من أكثرها تميزًا، فهو محاط فى ثلاثة من جوانبه بمجموعة القنطورس "Centourus"، ومن جانبه الرابع يقع الكوكب الطائر (Fly Musca).

- وقد ظن الإغريق القدماء أنها من بين مجموعة القنطورس تلك ولكن تم تحديده كمجموعة نجمية مستقلة فى القرن الـ ١٦، بعد رحلة أمريجو فسبوتشى Amerigo Vespucci إلى جنوب أمريكا عام ١٥٠١، والذى رسم خريطة لنجمين: قنطورس ألفا وقنطورس بيتا مثلهم مثل مجموعة المعبر الجنوبى، ولو أن تلك النجوم كانت معروفة لدى الإغريق القدماء، فإن أيام الاعتدال الربيعى (الذى يتساوى فيها الليل مع النهار) قد تسببت فى جعلها أخفض من خط السماء الجنوبى، وعليه فقد تم إهمالها هناك.

- ومع افتقاد نجمه قطبية لها أهمية فى السماء الجنوبية (النجمة سيجما أوكتانتيس Sigma Octantis قريبة من القطب، ولكنها خابية لدرجة لا تصلح معها للغرض المطلوب)، فإن النجمين ألفا وبيتا، من مجموعة المعبر الجنوبى عادة ما يستخدمان كعلامة للجنوب، وبتتبع خط بين النجمين يقدر بحوالى ٤,٥ مرة من المسافة بينهما سيؤدى إلى نقطة قريبة من القطب السماوى الجنوبى.

- ومن الأجسام بالغة العمق فى السماء مع المعبر الجنوبى هناك العنقود القولزاق The Coalsack Nebula، والذى يمكن ملاحظته بالعين المجرد كشريحة معتمة فى جنوب درب التبانة، وأيضًا هناك العنقود المفتوح Open cluster، والذى يكنى اختصارًا: NGC4700 فى التصنيف النجمى والذى يقع على بعد ٧,٥٠٠ سنة ضوئية، ويشتمل على ما يقرب من مائة نجم، تنتشر فى مساحة تقدر بحوالى ٢٠ سنة ضوئية مربعة.

- «مستكشف المريخ» Mars Pathfinder:

- وهو اسم للرحلة الفضائية التى ابتعثتها هيئة ناسا بالتعاون العلمى مع مختبر التسيير النفاث "Jet Propulsion Laboratory" (JPL) لاستكشاف المريخ، والتى أطلقت فى ١٩٩٦/١٢/٤ بعد شهر فقط من إطلاق Mars Global Survoyer، وبعد سبعة شهور استغرقتها فى الرحلة هبطت فى المنطقة من المريخ المسماة Ares Vallis فى ١٩٩٧/٧/٤. بعد أن أجرت المركبة عمليات ضبط وتوافق طيران فى ١٠ يناير و٣ فبراير و٦ مايو و٢٥ يونيو، وبعد الهبوط أخرجت المركبة الروبوتية المسماة سوجولنر أو حرفيا: الإقامة المؤقتة "Sojourner" والتى كان عليها أن تنجز عدة تجارب مختلفة على وفى سطح المريخ، وكانت مزودة بوسائل علمية مختلفة تمكنها من تحليل الغلاف الجوى ومناخ وجيولوجيا ومكونات صخور وتربة المريخ.

- وهى كانت الرحلة الثانية من برنامج هيئة ناسا لاستكشاف هذا الكوكب الأحمر، ومن أهم ما كان يميزها، فضلاً عن النواحى العلمية، هو تحقيق أقل تكلفة ممكنة للرحلة مقارنة بأهدافها العلمية البالغة الأهمية، وإن كان البعض يمكنه النظر إليها على أنها مسألة البرهنة على بعض المفاهيم التقنية المستخدمة فيها، مثل مخدات الهواء المستخدمة فى عملية الهبوط، والتجنب الآلى للعقبات وما نحو ذلك.

- «المساح الشامل للمريخ» Mars Global Surveyor:

- وهو اسم للمركبة الفضائية التى أرسلتها هيئة ناسا فى ١٩٩٧/١١/٧ لتدور فى مدار المريخ والتى استمرت فى مهامها حتى ٢٠٠٦/١١/٧ والتى اعتبرت بمثابة عودة الولايات المتحدة للمريخ بعد غيبة استمرت طويلاً، وقد أتمت مهمتها الرئيسية فى يناير ٢٠٠١ ثم انقطع إرسالها للأرض فى نوفمبر ٢٠٠٦، بينما كانت فى طور الامتداد الثالث للمهمة، ومن ثم بعد فشل أى

محاولة للاتصال بها أو الاستجابة منها، أعلنت ناسا رسميًا نهاية المهمة في يناير ٢٠٠٧.

- **المولد الكهربائي طراز ڤان دي جراف Van de Graaff generator:**

- وهو عبارة عن آلة إلكتروستاتيكية **electrostatic** يستخدم فيها سير متحرك لتكديس أو تراكم كهرباء ذات ڤولتيّة عالية جدًا في كرة معدنية مجوفة.

- والتطبيقات الحديثة لمثل هذه المولدات العالية الكهرباء تتمثل في نقل حركة أنابيب أشعة إكس وتسريع الإلكترونات لتطهير الأغذية والمواد الأخرى، وكذا تسريع البروتينات في مجال التجارب الفيزيائية النووية. وقد تُسرِّع الإنجازات الحديثة لهذا النوع من المولدات طاقة إلى ٥ ميجا فولت. ويمكن النظر إليها كمصدر لتيار مستمر متصل بالتوازي مع مكثفات ومقاومات عالية للكهرباء.

- ويتكون النموذج التقليدي لهذا المولد، الذي ابتكره عام ١٩٢٩ الفيزيائي روبرت ج. ڤان دي جراف **Robert J. de Graaff** بجامعة برينستيون، من الآتي:

  - مجال معدني مجوف (موجب الشحنة الكهربية).
  - قطب كهربي متصل بالمجال، وشبكة متقاربة مكانيًا (ولكن ليست متصلة) مع القطب والسير.
  - بكرة علوية (مثلاً من الزجاج الأكريلك).
  - جانب من السير له شحنة كهربية موجبة، بينما الجانب الآخر منه له شحنة سالبة.
  - بكرة معدنية أكثر انخفاضًا.
  - قطب كهربائي منخفض (أرضي).

- خاصية مجالية ذات شحنة سالبة تستخدم لإخلاء المجال الرئيسى من الشحنات.

- شرارة تنتجها الاختلافات الممكنة الاحتمال والموجودة فى العملية.

- وبالطبع فقد تطورت كثيرًا، وإلى أحجام ضخمة حاليًّا ليقوم بالعمليات المشار إليها فى الصدر من هذا التعريف.

- **ميتوكوندريا Mitochondria:**

- وهى تلك المكونات الدقيقة داخل الخلية ذات الشكل الكروى أو العصوى (نسبة إلى العصا)، والتى تعتبر كمراكز مهمة لتوليد الطاقة عبر قيامها بأكسدة المواد الغذائية فى دورات وعبر نظم تنفس الهواء، ويعبر عنها بالعربية من خلال تعبير: متقدرات ومفردها: متقدرة.

- فى الخلية الحية تتكون الميتوكوندريا من غشاء خلوى (ذى خلايا) قوى باعتبارها هى التى تُكثِّر من إمداد الخلية بعنصر **ATP** المستخدم كمصدر للطاقة الكيميائية، هذا وعدد المتقدرات داخل الخلية يتنوع بشكل واسع، إعتمادًا على نوع العضو الحى ونوع النسيج الخلوى فنجد كثيرًا من الخلايا تحتوى فقط على واحد منها، بينما خلايا أخرى تحتوى على عدة آلاف من المتقدرات.

- كما أن بعض وظائف المتقدرات تكون متخصصة الأداء فى أعضاء معينة، فهى فى الكبد مثلاً تحتوى على إنزيمات تسمح لها بأكسدة الأمونيا (مركب غازى عديم اللون والرائحة ويثير الأغشية المخاطية، ويتألف من النيتروجين والهيدروجين) والذى يعد من الفضلات والمنتجات المهملة من أيض البروتين. وأى تبادل فى وظائف الجينات هنا يعتبر مرضًا ميتوكوندريًا.

- **ميكانيكا الكم Quantum Mechanics:**

- مع عشرينيات القرن الماضى برز، بشكل متزايد، أن كثيرًا من الظواهر، خاصة المتصلة بالإشعاعات، تتحدى فيزياء نيوتن، التى تتعامل أساسًا مع الأحجام الكبيرة ولا تنطبق على الأحجام متناهية الصغر كالإليكترون وما شابه، ومن هنا ظهرت النظريات المسماة «ميكانيكا الكم» والتى تتحصر – بتبسيط شديد – فيما وجد بأنه إذا كان من الطبيعى أن كل جسيم يمكن التنبؤ بمكان وجوده، إذا عرفنا سرعته واتجاه تحركه، فإن الأمر ليس كذلك بالنسبة للإليكترون مثلاً، لأننا إذا عرفنا مكانه بدقة، أصبحت سرعته غير محددة إلا احتماليًا، وإذا عرفنا سرعته أصبح مكانه غير محدد إلا بالتقريب.

- ويمكن تقسيم تاريخ ميكانيكا الكم إلى ثلاث مراحل: الأولى كانت نظرية ماكس بلانك عن إشعاع الأجسام السوداء عام ١٩٠٠، والثانية عندما اقترح بوهر عام ١٩١٣ النظرية الكمية للطيف، أما الثالثة فهى التى أصبحت فيها النظرية رحمًا لعدة نظريات متعددة على يد مجموعة من العلماء مثل هيزنبرج وغيره وصلت جميعًا إلى نتائج مثمرة بدت معها ميكانيكا نيوتن من قبيل التقليديات.

- ومن أبرز نتائج هذه النظرية فكرة محاولة التوحيد بين قوى الطبيعة الأربع فى معادلة واحدة «**unifying theory**"، واكتشاف أشباه الموصلات، وظاهرة نفقية الإليكترونات، والدوائر المتكاملة، والمواد فائقة التوصيل، والألياف البصرية التى قام عليها تطور هائل فى كل الأجهزة الإليكترونية، بالإضافة إلى أشعة الليزر، والرنين المغناطيسى، وغير ذلك الكثير مما يصبح معه الحصر مخلاً، سواء فيما وقع بالفعل أو ما هو متوقع بالنسبة لسائر التطبيقات.

- **الإدارة الوطنية الأمريكية لعلوم الطيران (ناسا) National Aeronautics and Space Administration (NASA):**

- هيئة وطنية أسستها الولايات المتحدة فى ١٩٥٨/٧/٢٩ بواشنطن العاصمة وميناؤها هو مركز كيندى للفضاء تحت شعار محرر باللغة اللاتينية ويعنى: «إلى النجوم وسط المصاعب» أو «الطريق الصعب المؤدى للنجوم» **To the Stars through difficulties** – ويعمل بها حوالى ١٠٠٠ من الموظفين بعقود مؤقتة وبلغت ميزانيتها عام ٢٠٠٧ مبلغ ١٦,٨ بليون دولار.

- يشارك فى المؤسسة عدد من الدول هى: الأرجنتين وأستراليا وشيلى وفرنسا ونيوزيلندا والنرويج والمملكة المتحدة (إنجلترا) وروسيا إلى جانب الولايات المتحدة الأمريكية.

- وتعتبر المسئولة عن البرنامج الفضائى لتلك الدول وأبحاثها العلمية الممتدة، مدنية كانت أو عسكرية، وفى عام ٢٠٠٦ وَصَفَت نفسها بأنها رائدة المستقبل فيما يتعلق بالكشوف الفضائية والعلمية وبصفة خاصة كل ما يتعلق بعلوم الطيران.

- **النظام الرقمى الثنائى Pinary number system:**

- يستخدم الرقم الثنائى فى الرياضيات كقاعدة فى النظام الافتراضى الرقمى والذى يتطلب رمزين مختلفين (١)، (صفر) وأهمية النظام الثنائى الرقمى لنظرية المعرفة وتكنولوجيا المعلومات ترجع لملاءمته، لتمثيله إلكترونيًا فهو يعرض النظم التى تشتمل على أمر من اثنين مثل «تشغيل / إنهاء» أو «مفتوح / مغلق» أو «اذهب / لا تذهب» وهكذا.

- **نظام بيئى Ecosystem:**

- ويقصد بالكلمة الوحدة الطبيعية بما تشمله هذه الوحدة من نباتات وحيوانات ونظم ميكروبية (أى نظم حية) فى منطقة معينة تقوم جميعًا بوظائفها فى حالة تناغم بينها وبين كل العوامل الفيزيائية الأخرى غير الحية فى ذات البيئة.

- وكان قد صاغ هذا المصطلح روى كلافام Roy Clapham عام ١٩٣٠، ليدل به على المحتوى الفيزيائى والبيولوجى فى بيئة ما يعتبرون فيها على صلة كل منهم بالآخر فى وحدة متعاونة، إلا أنه بعد ذلك قـام البيئـى آرثـر تانسلى Arthur Tansley بإصلاح دلالة المصطلح، ليعنى به النظام التفاعلى الذى يتأسس بين مجموعة من الكائنات الحية والبيئة التى يعيشون فيها.

- والمعنى المركزى هنا أن العضويات الحالية دائمًا ما تعمل فى وضع يقوم على العلاقة مع العوامل التى تتكون منها البيئة التى يعيشون فيها بما يتعارض مع الطبيعة البشرية التى تميل إلى الانقسام إلى مجموعات وطبقات، حيث تكون المقدمة الطبيعية لذلك أن كل الأنواع البيئية تندمج مع بعضها البعض، وكذا مع كل العناصر غير الحية فى البيئة.

- وعليه، فإن المصطلح يمكن أن يحيط وأن يناقش على مستوى تعدد هائل ليصف أى منطقة تقع فيها صلات بين الأعضاء الحية وبيئتها. وقد تكون هذه البيئة صغيرة كمنزل للإقامة أو جامعة أو متسعًا كحالة أمه، ومن أمثلة ذلك: النظام البيئى المائى أو الصحراوى أو البشرى أو البحار الكبرى أو الغابات الممطرة أو إقليم السافانا أو إقليم التاندرا أو الإقليم الحضرى ... إلخ.

- ولأن المصطلح عادة ما يستخدم فى مجالات البيئة، إلا أنه قد تكيفت معه نظم أخرى واستخدمته مثل الأنظمة الإنسانية anthroposystems والأنظمة الاقتصادية والأنظمة المعرفية وهكذا.

- **نظرية المباراة (الألعاب) Games theory:**

- صمم هذه النظرية كل من الرياضى المجرى المولد والأمريكى الجنسية جون فون نيومان "John Von Neuman" وزميله الاقتصادى الألمانى المولد والأمريكى الجنسية أيضًا أوسكار مورجينسترن Oskar Morgenstern، وذلك فى كتابهما بعنوان: «نظرية المباراة والسلوك الاقتصادى» إذ تقول النظرية

إن الاقتصاد يشبه المباراة التى يتخذ فيها اللاعبون قراراتهم بناء على تحركات لاعبين آخرين، ومن ثم تتطلب نوعًا جيدًا من الرياضيات تكون السيطرة فيه للعقل وغير متروكة للمصادفة البحتة وبحيث يتجاوز الأمر النظرية التقليدية للاحتمالات.

- وعليه فمن خلال استكمال النظرية عبر دراسات مكثفة استعانت بعلم الرياضيات، تم استخدام النظرية فى كل مناحى الحياة تقريبًا.

- **النظرية النسبية Relativity theory:**

- هذه التسمية تعنى فعليًا نظريتين: النظرية النسبية الخاصة التى اقترحها أينشتاين عام ١٩٠٥ (نظرية السرعات العالية)، والنظرية النسبية العامة التى طورها ما بين عامى ١٩٠٧ و١٩١٥ (نظرية الجاذبية).

- تتعلق النسبية الخاصة بصفات الزمان والمكان حيث تدمجهما معًا فى متصل واحد يعرف بالزمكان، وقد أدت الفروض التى قامت عليها النظرية (وهى تتناقض مع الميكانيكا الكلاسيكية التى أسسها نيوتن) إلى مجموعة من النتائج المذهلة منها:

١- استطالة الزمن. ٢- تقلص الطول. ٣- نسبية الآنية.

٤- تكافؤ الكتلة والمكان باعتبارهما شكلين لنفس الكمية تربطهما العلاقة الشهيرة «**E=mc2**» حيث **E**= الطاقة، و**M**= الكتلة، **C**= سرعة الضوء.

- أما النسبية العامة فهى عن الجاذبية (التثاقلية) والمبنية على مبدأ التكافؤ «الحركة المتسارعة فيزيائيًا تكافئ السكون فى مجال الجاذبية» على سطح الأرض مثلاً، فالجسم الذى يهوى (فى الفراغ) من مرتفع، يمكن القول بأنه يهوى لأن هذا هو السلوك المتوقع منه، عندما لا تؤثر عليه قوة، بدلاً من القول بأنه يهوى بتأثير قوى الجاذبية. ومرة أخرى يتناقض هذا مع ميكانيكا

نيوتن، بل مع النسبية الخاصة أيضًا، وإن كان أينشتاين فى تطويره قـد عمـد إلى حل هذا التناقض، هذا وقد أثمرت النظرية العامة عدة نتائج بدورها هى:

١. استطالة الزمن التثاقلية، فالزمن أبطأ كلما زاد مجال الجاذبية.

٢. انحراف أشعة الضوء (الفوتونات عديمة الوزن) فى وجود مجال جاذبية.

٣. تمدد الكون، وأن الأجزاء البعيدة تبتعد عنا بـسرعة أكبـر مـن سـرعة الضوء، وهذه النتيجة بالذات لا تتناقض مع النسبية الخاصة لأن الفـضاء يتمدد.

٤. الكتل التى تدور، تسحب معها الجزء المحيط بها من الزمكان.

- تختصر النظرية فى معادلة بسيطة «E=mc2».
- **نظرية المعرفة الحسابية Algorithmic information theory:**
- إجراء رياضى تصنيفى تتحصل عنه ومن خلال عدد نهائى من المراحل إجابة عن سؤال أو حلاً لمشكلة. والأمر فى هذه الحالة لا يخرج على نوعين: الأول مثل هل العدد الصحيح هو عدد أولى؟ وهو ما يعرف بالسؤال التحديـدى أى أن الإجابة عنه تكون بنعم أولا، أما النوع الثانى فهو «ما هو أكبر ما يمكـن قسمة عدد صحيح عليه؟ «ويصنف كسؤال تقديرى لأن الإجابة عنـه تكـون برقم محدد.
- **الانفجار الكبير... الانسحاق الكبير Big bang... big crunch:**
- وتقول هذه النظرية إن الكون بدأ من بذرة يقل حجمها عن رأس الدبوس (أقل شىء يمكن أن يوجد) ويطلق عليها اسم مفردة "**singularity**"، ثم انفجرت فيما يعرف بالانفجار الكبير والذى احتوى على كل ما فى الكون من مادة وطاقـة ومجرات وكواكب وكذلك المخلوقات (وقد حدد بلانك سـاعة الـصفر لهـذا الانفجار بما يعادل واحدًا وعلى يساره ٤٣ صفرًا ثم فاصلة، والـذى يعـرف

بزمن بلانك) – وهذه المجرات مستمرة فى التباعد والتوسع عن بعضها البعض بصورة متناهية وفى جميع الاتجاهات وبنفس المستوى، وإلى أبعد ما تستطيع إدراكه وسائل الملاحظة المتاحة حاليًا، ومعنى ذلك أن كل العناصر تولدت فى النصف ساعة الأولى من الانفجار ومن ثم لا يتم تشكل عناصر أخرى.

- وهى النظرية السائدة الآن بين جمهرة العلماء والفلاسفة.
- وهناك أيضًا نظرية تعرف باسم الكون النابض **pulsating universe** تقول بأن المادة تتطاير متناثرة من كتلة منضغطة، ولكنها سوف تبدأ بالتقلص جراء الجاذبية المشتركة لأقسامها المختلفة، فيما يسمى بالانسحاق الكبير إلى أن تصل إلى درجة معينة من التركز والكثافة تنفجر معها من جديد، ومن خلال هذه العملية وتكرارها، فإن المادة تتخلق ولا تزال، بل يعاد توزيعها مرة بعد أخرى.
- **اليدوية (الخيرالية) Chirality:**
- وينحدر التعبير من لفظة إغريقية تعنى «يد»، والمقصود بها خاصية تتعلق باللا تماثل أو اللا تساوق، ولها أهمية فى عدة أفرع من العلم، ويطلق على الشىء أو النظام بأنه يدوى «**chiral**» إذا اختلفت صورته فى المرآة عنه، وأصبح من غير الممكن تركيب هذه الصورة على الأصل، وحينئذ يطلق على الشيء، صورته فى المرآة مصطلح **enantiomorphs** (بما يعنى عند الإغريق: أشكالاً متعاكسة أو متضادة) خاصة عندما يكون الأمر متعلقًا بالجزيئات.
- عندما تتحرك جسيمات بسرعة تقارب سرعة الضوء فإنها – طبقًا للنظرية النسبية – يحدث لها انكماش فى اتجاه حركتها، وبالتالى لا تصبح قادرة على الدوران إلا حول محور يتجه اتجاه حركتها – والآن كى نتصور هذا الدوران

- فلنواجه إبهامى يدينا فى اتجاه الحركة. فتلاحظ أن أصابع اليد اليمنى تدور حول إبهامها فى اتجاه يخالف اتجاه دوران اليد اليسرى. وهكذا يمكننا تصنيف دوران الأجسام التى تسير بسرعة على أنه دوران يمينى الخيرالية أو اليسارى الخيرالية.

- وسنجد مثلاً أنه من بين الـ ٢٣٠ «مجموعة فضائية معروفة من المتبلورات الفضائية، هناك ٦٥ مجموعة فقط من النوع الخيرالى.

- ولمزيد من إيضاح الأمر فإن المثال الأشهر لذلك هى اليد البشرية، حيث لا يمكن تركيب صورة اليد اليمنى فى المرآة على اليد اليسرى، مهما كان اتجاه اليدين، وهذا يبدو عندما يحاول المرء مصافحة الآخر، إذا كان هذا الآخر ممن يستخدمون اليد اليسرى (أشول)، أو إذا ما حل جوانتى اليد اليمنى محل جوانتى اليد اليسرى، ولأن هذا الأمر معروف عالميًا، فإنه يكنى عند تصميم الأشياء من هذا النوع بـ «اليد اليمنى» و «اليد اليسرى».

- وعلى ذلك فإن الجزىء اليدوى، هو الذى لا يمكن مطابقة صورته المرآوية عليه، وهو أمر يحظى بالأهمية بالنظر لتطبيقاته فى الكيمياء التجسيمية (المعنية بترتيب الذرات المكونة للجزىء **stereochemistry**)، والكيمياء العضوية وغير العضوية، والكيمياء الفيزيائية، والكيمياء الحيوية.

- وإن كان التعبير يستخدم أحيانًا فى موضوعات غير علمية، فهو يشير على الأخص إلى بعض الجزيئات فى مجال الكيمياء، ولبعض الموضوعات فى الرياضيات، وإلى بعض العناصر التحت ذرية فى أمور الفيزياء.

- **الين واليانج Yin and Yang:**

- هو اختصار تقليدى صينى بقصد تعميم التضاد أو العلاقة المتبادلة لموضوعات بعينها فى العالم الطبيعى بحيث تصبح وحدة للتناقضات، ويطلق عليها بنفس المعنى **Liang Yi**، أى السماء والأرض، وهو المفهوم الذى، إما

بترتيب الحروف عاليه أو فى كلمة واحدة **Yin-Yang**، يتجـذر أصـلا فـى كوريا فلسفيًا وميتافيزيقيًا وهو الذى يصف المبادئ الأولية المتعارضة – وإن كانت تتكامل مع بعضها – فى القوى الكونية الموجودة فـى كـل شـىء أو عمليات غير ثابتة.

- دائمًا ما تعنى الين: المكان الظليل، المنحدر الشمالى، الشاطئ الجنوبى، السعى لأسفل، المنطقة التى تغطيها السحب، الجزء المغمور، الأنثوى وعلى الجملـة، فهى تتطابق مع الليل وغالبًا ما يرمز إليها بالمياه والهواء والظلمة، بينما تعنى اليانج: المكان المشمس، المنحدر الجنوبى، الشاطئ الشمالى، إشراق الـشمس، إنه إذن العامل المشرق النشط المضىء الذكرى، السعى لأعلى ويتطابق مـع النهار، وغالبًا ما يرمز إليه بالنار والأرض.
- وعلى ذلك فإن هذا الانقسام الثنائى **Yin / Yang** يمكن النظر إليه على أن كل القوى فى الطبيعة تملكهما معًا وأن كليهما فى حالة حركة دائمـة أكثـر مـن كونهما فى ركود مطلق.

المؤلف فى سطور:

بـــــــول ديفيز

- حصل على الدكتوراه من قسم الفيزياء بجامعة لندن عام ١٩٧٠، وشغل عـــدة مناصب أكاديمية متعددة بجامعـــات: كامبريــــدج ولنـــدن ونيوكاســـل وأدليـــد وكوينزلاند وماكواير والكلية الملكية بلندن، كمـــا يحمـــل ثمـــانى عـــضويات بمنظمات علمية احترافية دولية وخمسًا أخرى بكل مـــن أمريكـــا وأســـتراليا، فضلاً عن الصفة الاستشارية لأكثر من ١٥ مؤسسة ومجلس إدارة ومراكـــز بحث ودور نشر ومعاهد جميعها تتصف بالصبغة العلمية.
- يشغل حاليًا وظيفة أستاذ للفلسفة الطبيعية في المركز الاستـــشارى للبيولوجيـــا الفلكية بجامعة ماكواير **Maquarie**.
- يكتب بشكل شبه منتظم لبعض الجرائد اليومية والصحف الدورية والمجـــلات البارزة في عدة دول، لتغطية مجالات علميـــة ووجهـــات النظـــر الـــسياسية والاجتماعية للعلم والتكنولوجـــيا، فضلاً عـــــن عـــضويته فـــي الــــمنتدى الاقتصـــادى العالمى **World Economic Forum**.
- أقام عدة مؤتمرات علمية بمعظم الجامعات المشار إليها حول الفلك والفيزيـــاء والرياضيات؛ كما تشمل أوراقه البحثية والموضوعات الأثيرة لديه، والتي تدل عليها عناوين كتبه الموجودة بقائمة كاملة هنا، التى بلغت أكثر من ٢٠ مؤلفًـــا ترجمت لأكثر من ٢٠ لغة.
- له باع طويل في ميادين الإذاعة والتليفزيون، مشاركًا فـــي حلقـــات نقـــاش، ومتحدثًا في سلسلة حلقات علمية تصل الحلقة فيها إلى ٤٥ دقيقة أذيعـــت فـــي

الـ BBC والتي حققت نجاحًا ملحوظًا وتحولت إحداها إلى كتاب حول نظرية «الأوتار الهائلة»، الذى أكسبه زمالة الكتاب العلميين، كما شملت الحلقات موضوعات مثل: «مهد النشأة الأولى» و «الأسئلة الكبرى» و «مزيد من الأسئلة الكبرى».

- فاز بعدة جوائز علمية يصعب حصرها هنا، ومن بينها مما تجب الإشارة إليه، فوزه بجائزة جامعة جنوب ويلز عام ١٩٩٢ عن كتاب العام العلمى، وذلك بمناسبة مؤلفه المعنون «عقل الله» (وهو بحث علمى في أصل الكون)(*). وفى عام ١٩٩٥ فاز بجائزة تمبلتون عن «التقدم العلمى» وهى أكبر جائزة دولية عن الموضوعات الإبداعية في المجال، والتى قدمها له الأمير فيليب بحفل أقيم في كنيسة ويستمنستر أمام جمع من الحضور في حدود ٧٠٠ مدعو.
- ربما لجميع هذه الأنشطة انتخب عام ١٩٩٩ عضوًا بالجمعية الملكية للأدب.
- فوق ذلك كله – ومعه – اكتسب خبرات معتبرة في مجال إدارة الكليات والمعاهد العلمية والتدريس بها، فضلاً عن العديد جدًا من الأوراق البحثية التي يعد من أبرز إنجازاتها ما يلي:-

١. نجح في وضع مخطط لفهم فكرة «فيزياء تماثل الزمن قبلاً والآن»، مما ساعد على إحداث تقدم ما في هذا الموضوع «سهم الزمن».

٢. وجد مع آخرين في منتصف السبعينيات أن ثمة فوتونات تنتج من استثارة سطح عاكس بشكل عنيف، ورغم ضعف تأثير الظاهرة، فقد أثمرت في مجال ظهور ومضات ضوء أو صوت داخل وسط سائل.

(*) وقد قمت بترجمته إلى العربية بعنوان: «الاقتراب من الله» وهو الآن قيد الطبع، لدى المركز القومى للترجمة. (المترجم).

٣. توصل إلى حالة أو وضع أبسط مشابه لما أعلن عنه هوكنج من أن الثقوب السوداء ليست كذلك، وإنما هي بالنسبة لملاحظ بعيد، تنفث حرارة راديوية، وهو النموذج الذي وصل إلى مثله بعد عام ويليام أورو William Uuruh وهى الظاهرة التي أصبحت تعرف بـ «تأثير أورو» وأحيانًا بـ «تأثير أورو / ديفز» وذلك منذ منتصف السبعينيات من القرن الماضي.

٤. اكتشف مع آخرين أيضًا أن الظاهرة التي يطلق عليها أساسًا الشذوذ في البعد الزاوى لكوكب سيار في أقرب نقطة له إلى الشمس، تمثل إحراجًا لمحتوى مجالات الكم في تفاعلها مع مجالات أخرى.

٥. في منتصف السبعينيات أيضًا، وضع بالمشاركة مع تلميذه تيم بنش Tim Bunch ما يعرف باسم «الحالة الفراغية الكمية لـ: نيش / ديفيز».

٦. وفى عام ١٩٧٧ اكتشف حقيقة مهمة عن خواص الديناميكا الحرارية للثقوب السوداء.

٧. في عام ١٩٨١ عثر على حل ممكن للمعضلة الدائمة للكون والمعروفة حاليًا باسم «معضلة الطاقة السوداء».

٨. في بداية التسعينيات اقترح أن الحياة ربما بدأت فوق كوكب مارس، ثم انتشرت فوق الأرض، (أو العكس) على صخور قُذِف بها بواسطة مذنبات هائلة احتوت على أى منهما، وبعد سنوات من التشكك في هذا الاقتراح نوقش الأمر موسعًا بمعرفة جى ميلوش Jay Melosh، ولكن الفكرة الرئيسية أصبحت مقبولة من قبل علماء البيولوجيا الفلكية.

٩. فاز عام ٢٠٠٢ بجائزة ميشيل فاراداى **Michael Faraday**.

Books أعمال المؤلف

"The Physics of Time Asymmetry" Surrey University Press / University of California Press (1974).

"Space and Time in the Modern Universe" Cambridge University Press (1977).

"The Runaway Universe" J. M. Dent (1978).

"The Forces of Nature" Cambridge University Press (first edition 1979; second edition 1986).

"Other Worlds" (UK server) J. M. Dent (1980).

"The Edge of Infinity" J. M. Dent (1981).

"The Search for Gravity Waves» Cambridge University Press (1980).

"The Edge of Infinity" (UK server) J. M. Dent (1981); revised edition, Penguin (1994).

"The Accidental Universe" Cambridge University Press (1982).

"Quantum Fields in Curved Space" (with N.D. Birrell) Cambridge University Press (1982).

"God and the New Physics" (UK server) J. M. Dent (1983).

"Superforce (UK server)". Heinemann (1984); revised edition, Penguin (1995).

"Quantum Mechanics" Routledge & Kegan Paul (1984); second edition, Chapman & Hall (1994).

"The Ghost in the Atom" (with J. R. Brown) Cambridge University Press (1986).

"Fireball» Heinemann (1987).

"The Cosmic Blueprint" (UK server) Heinemann (1987); revised edition, Penguin (1995).

"Superstrings: A Theory of Everything?" (with J.R. Brown). Cambridge University Press (1988).

"The New Physics" (ed.) Cambridge University Press (1989).

(*) "The Matter Myth" (UK server) (with J. Gribbin) Simon & Schuster ? Viking (1991).

(**) "The Mind of God" (UK server) Simon & Schuster ? (1992).

"The Last Three Minutes" Basic Books / Weidenfeld & Nicolson (1994).

(***) "About Time" (UK server) Simon & Schuster ? Viking (1995).

"Are We Alone ?" (UK server) (1995).

"The Big Questions": Paul Davies in Conversation with Phillip Adams Penguin (1996).

"More Big Questions". ABC Books (1998).

"The Fifth Miracle" (UK server) Penguin / Viking (1998).

(****) "How to Build a Time Machine" Penguin 2001.

"The Origin of Life" Penguin Books 2004 – Arevised and detailed edition of his book "The Fifth Miracle".

المترجم فى سطور:

منير شريف

- من مواليد ١٩٣٩ بالمنصورة محافظة الدقهلية.
- حاصل على ليسانس الحقوق من جامعة عين شمس فى يناير ١٩٦١.
- حاصل على ليسانس الآداب قسم فلسفة من جامعة القاهرة فى مايو ١٩٧٣.
- حاصل على وسام العلوم والفنون من الطبقة الأولى عام ١٩٨٣ ودبلوم المعهد العالى للنقد الفنى بأكاديمية الفنون صيف ١٩٨٥.

المراجع فى سطور:

عادل يحيى أبو المجد

المؤهلات العلمية:

- دبلوم في الفيزياء النظرية النووية من جامعة موسكو (روسيا) ١٩٦٣.
- دكتوراه الفلسفة **Ph.D.** في الفيزياء الرياضية من جامعة خاركوف (أوكرانيا) ١٩٦٦م.
- دكتوراه العلوم **D.Sc.** في الفيزياء النظرية من جامعة القاهرة ١٩٧٩م.

الوظائف:

- تدرج في الوظائف من معيد إلى أستاذ، مرورًا بهيئة الطاقة الذرية وكلية العلوم جامعة القاهرة وجامعة الملك عبد العزيز بالسعودية، وأستاذًا زائرًا بمعهد ماكس بلانك للفيزياء النووية بها يدلبرج بألمانيا، ثم جامعة ويسكونس بالولايات المتحدة الأمريكية، ثم أستاذًا بقسم الرياضيات بكلية جامعة الزقازيق، وخلال ذلك معارًا إلى جامعة الإمارات العربية المتحدة أستاذًا بقسم الرياضيات.
- وحاليًا أستاذًا للفيزياء بكلية الهندسة جامعة سيناء.

عضوية الجمعيات العلمية:

- عضو مشارك بالمركز الدولي للفيزياء النظرية في تريستا بإيطاليا منذ ١٩٦٨م.

- زميل جمعية ألكسندر فون هومبولدت في بون بألمانيا منذ ١٩٧٤م.
- عضو اللجنة الاستشارية بالمعهد الدولي للفيزياء النظرية والتطبيقية في «أيوا» بالولايات المتحدة الأمريكية منذ ١٩٩٥م.

الجوائز والأوسمة:

- جائزة الدولة التشجيعية للعلوم الفيزيقية مرتين عامى ١٩٦٩م، و١٩٧٧م.
- وسام العلوم والفنون من الطبقة الأولى عام ١٩٧١م.
- وسام الاستحقاق من الطبقة الثانية عام ١٩٧٩م.
- حصل مؤخرا على جائزة الدولة للتفوق العلمى من عام ٢٠٠٨.

التصحيح اللغوى: **عزت سلامة**

الإشراف الفنى: **حســـن كامل**

يتصدى المؤلف باقتدار علمى وتقنى لشرح معنى الحياة، والنظريات المختلفة التى عرضت سيناريوهات متخيلة عن بدئها ورأيه فى كل منها ومدى خضوع أفكار هذه النظريات لقوانين الفيزياء المستقرة فى العلم الحديث (بصفة أخص) مثل النظرية النسبية ونظرية الكم ونظرية التربيع العكسى، وما يفرضه قانون الديناميكا الحرارية.

الكتاب أيضا يحفل بحلول للمعضلات التى يثيرها السؤال المطروح والمفاجآت العلمية التى تخطف الأنفاس ولعلى أفتح شهية القارئ بمثال واحد: العثور على كائنات حية تعيش فى مستعمرات مزدهرة ومتنامية بالقرب من فوهات براكين أعماق المحيطات، وعند درجة حرارة تتراوح ما بين **115** إلى **160**، وكائنات غيرها تعيش بالازدهار نفسه فى أعماق جلاميد الثلج بقارة أنتاركتيكا بالقطب المتجمد الجنوبى، ثم العثور على فئات أخرى من الكائنات تتغذى فقط على أغرب ما يمكن أن يشطح إليه الخيال مثل المواد الكيميائية السامة أو الحديد أو القار أو الإسمنت.. إلخ..

اقرأ ... وجرب لذة الاكتشاف.

تصميم الغلاف: نادية كنلك

Bibliotheca Alexandrina
07742957